ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಅದರ ಸ್ವರೂಪ

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಬೆಂಗಳೂರು

ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಅದರ ಸ್ವರೂಪ

[ಬಿ. ಎಸ್‌ಸಿ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಪಠ್ಯೇತರ ಪುಸ್ತಕ]

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್

ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು

Belaku Mattu Adara Swaroopa by : K. Seshadri Iyengar,
Published by the Bangalore University, Bangalore.

Published Under the Centrally Sponsored Scheme of production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare, New Delhi.

ಪ್ರಕಾಶಕರು :

ಹೆಚ್. ಆರ್. ದಾಸೇಗೌಡ
ನಿರ್ದೇಶಕ, ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಬೆಂಗಳೂರು

ಬೆಲೆ : 10–00 ರೂ.

ಮುದ್ರಣ :

ಕರ್ನಾಟಕ ಪತ್ರಿಕಾ ಪ್ರೈವೇಟ್ ಲಿಮಿಟೆಡ್ (ಜಾಬ್)
ನಂ. ೨, ರೆಸಿಡೆನ್ಸಿ ರಸ್ತೆ
ಬೆಂಗಳೂರು–೫೬೦೦೨೫

ಮುನ್ನುಡಿ

ಅನೇಕ ವರ್ಷಗಳ ಪರಭಾಷಾ ಪ್ರಭುತ್ವ, ಶಿಕ್ಷಣ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಲು ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ಸಂದೇಹ, ಮತ್ತು ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಯೋಗ್ಯ ಗ್ರಂಥಗಳ ಕೊರತೆ–ಇವು ಕನ್ನಡ ನಾಡಿನಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಚಾರವಂತರನ್ನು ದಂಗುಬಡಿಸಿ, ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಗೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಣ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಲು ಅಡ್ಡಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡಿವೆ. ಸಾವಿರ ವರ್ಷಗಳ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಮತ್ತು ಸಾಹಿತ್ಯಿಕ ಪರಂಪರೆಯುಳ್ಳ ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಗೆ, ಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ವಿಜ್ಞಾನ ಇತ್ಯಾದಿ ವಿಷಯಗಳ ವೈಚಾರಿಕ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಲು ಶಕ್ತಿ ಇಲ್ಲ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಅಸಮಂಜಸ; ಆದನ್ನೀಗ ನಂಬಲೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಕನ್ನಡವನ್ನು ಶಿಕ್ಷಣ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ರೂಢಿಸುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ, ಕರ್ನಾಟಕದ ಇತರ ಎರಡು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಂತೆಯೆ ಶ್ರದ್ಧೆಯಿಂದ ಪಾಲುಗೊಂಡಿದೆ. ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಸಾಧನೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸತಕ್ಕವರು, ಇದು ಆರಂಭವಾದದ್ದು 1964–65ರಲ್ಲಿ ಎಂಬುದನ್ನು ಮರೆಯಬಾರದು. 1967ರಂದು ಉನ್ನತ ಮಟ್ಟದ ಶಿಕ್ಷಣ ಹಾಗೂ ತಿಳಿವು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿಯೆ ದೊರಕುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರವನ್ನು ಕೈಕೊಂಡ ಈ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸಿತು. ಸರ್ಕಾರದ ನೆರವಿನಿಂದ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೈಕೊಂಡು, ಈ ಕೆಲವೇ ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ, ಈ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಗಣನೀಯವಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿ, ಎಲ್ಲರ ಗಮನವನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಂಡಿದೆ.

ದಿನದಿನಕ್ಕೆ ಮಾನವಿಕ ಮತ್ತು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಜ್ಞಾನ ಭರದಿಂದ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ. ಪ್ರಗತಿಪರ ಜ್ಞಾನಾರ್ಜನೆಗೆ ಯೋಗ್ಯ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ಸಾಹಸದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಅಧ್ಯಾಪಕರು ತೊಡಗಿದ್ದಾರೆ. ಅವರ ಶ್ರದ್ಧೆ ಸಹಕಾರಗಳಿಂದ ನಮ್ಮ ಕಾರ್ಯ ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಣಮಟ್ಟ ಸಾರ್ಥಕ ನಿಲುವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವೇ ಇಲ್ಲ.

ಎಚ್. ನರಸಿಂಹಯ್ಯ

ಉಪಕುಲಪತಿ

ಜ್ಞಾನಭಾರತಿ, ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ

ಲೇಖಕರ ಮಾತು

ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಶಾಖೆಯಾದ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವಿಚಾರ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಈ ಕೃತಿಯನ್ನು ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಬಿ.ಎಸ್ಸಿ ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯವಾಗುವಂತೆ ಬರೆದಿದೆ. ಅದರ ಪಠ್ಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿದೆ. ಆದರೂ, ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಅಂಶಗಳನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿದೆ. ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಆದಷ್ಟು ಸರಳವಾದ ಶೈಲಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಅರಿತು ಜ್ಞಾನಸಂಪಾದನೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕೆಂದಿರುವ ಜನಸಾಮಾನ್ಯಕ್ಕೂ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆದಿದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಇದನ್ನು ಸಹಾಯಕ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕವೆಂದು ಸೂಚಿಸಿದೆ.

ಬೆಳಕು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಿಭಾಗಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ದ್ಯುತಿಶಾಸ್ತ್ರ. ಈ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯವು ಪ್ರಧಾನವಾಗಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ವಿಭಾಗವನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಿಲ್ಲ. ಎರಡನೆಯ ವಿಭಾಗದ ಭೌತದ್ಯುತಿ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯವೇ ಪ್ರಮುಖವಾದ ವಿಷಯ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಆದಷ್ಟು ಸಮಗ್ರ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನಿರೂಪಣೆ ಮಾಡಿದೆ. ಆದರೂ, ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳನ್ನೇ ಸವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಪಠ್ಯಕ್ರಮಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವೂ, ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನವೂ ಬಹಳ ಸಿಕಟವಾಗಿ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ, ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಯಾವ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವಿದೆಯೋ ಅವುಗಳನ್ನೇ ಎತ್ತಿತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಸ್ಥೂಲ ವಿಮರ್ಶೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಅವಕಾಶವಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ವರ್ಣಪಟಲಶಾಸ್ತ್ರ, ತರಂಗಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ ಮುಂತಾದ ಶಾಖೆಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಬೆಳವಣಿಗೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಅಂಥ ವಿಶಿಷ್ಟ ಭಾಗಗಳನ್ನು ವಿಚಾರ ಮಾಡಲು ಬೇರೆ ಪುಸ್ತಕಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ದರ್ಜೆಯ ಬಿ.ಎಸ್ಸಿ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅವುಗಳು ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ವಿಷಯ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಚಾರಿತ್ರಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ವಿಜ್ಞಾನದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಹೊಂದಬೇಕಾಗಿರುವ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮನೋಭಾವಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ವಿಷಯಗಳು ಮೂಲಭೂತವಾಗಿಯೂ, ಗಹನವಾಗಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು

ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಮನಸ್ಸಿನ ಚೌಕಟ್ಟು ಏರ್ಪಡಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಇದನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದ ಮೇಲೆ ಅದರೊಳಗೆ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ತುಂಬಿದರೆ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಅರ್ಥವು ಬರುವುದು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಅಂಥ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುವ ಮೊದಲು ಪ್ರಯತ್ನವಾದ ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಆದಷ್ಟು ಸರಳವಾದ ಶೈಲಿಯನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿದೆ. ಹಲವಾರು ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳಿಗೆ ಸಮಾನಾರ್ಥ ಪದಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ಕಷ್ಟವಾದ ಕೆಲಸ. ಸಾಧ್ಯವಾದ ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಪದಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ, ಹೊಸಪದಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಪದಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಈ ಸಮಾನ ಪದಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ವಾಚಕರು ಸಹೃದಯರಾಗಿರುತ್ತಾರೆಂದು ಆಶಿಸಿದೆ. ಈ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ತ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ಸ್ವೀಕರಿಸಲು ಗ್ರಂಥಕರ್ತನು ಸಿದ್ಧನಾಗಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕವು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೂ, ಅಧ್ಯಾಪಕರಿಗೂ ಉಪಯೋಗವಾಗಬಹುದೆಂದು ನಂಬಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬರೆಯಲು ಅವಕಾಶವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, ಗ್ರಂಥಕರ್ತನಿಗೆ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿವೃಂದಕ್ಕೆ ಸೇವೆ ಮಾಡಲು ಉತ್ತೇಜನವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತಿರುವ ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಅಧಿಕಾರ ವರ್ಗದವರಿಗೆ ನನ್ನ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳನ್ನು ಸಲ್ಲಿಸುತ್ತೇನೆ. ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮುಖ್ಯಸ್ಥರೂ, ಪ್ರಧಾನ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರೂ ಆದ ಡಾ|| ಕುಚೇಲರವರು ತಮ್ಮ ಅಮೂಲ್ಯ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಅವರಿಗೆ ನನ್ನ ಹೃತ್ಪೂರ್ವಕವಾದ ವಂದನೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುವುದು ನನ್ನ ಸಂತೋಷದ ಕರ್ತವ್ಯ—ಕನ್ನಡ ವಿಭಾಗದ ಮುಖ್ಯಸ್ಥರಾದ ಡಾ|| ಜಿ. ಎಸ್. ಶಿವರುದ್ರಪ್ಪನವರ ಉತ್ತೇಜನಕ್ಕಾಗಿ ನಾನು ಋಣಿಯಾಗಿದ್ದೇನೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಆರಂಭ ದೆಸೆಯಿಂದ ಪ್ರಕಟನೆಯಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುವವರೆಗೂ ಸಮಸ್ತ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನನಗೆ ಬೆಂಬಲವನ್ನೂ ಉತ್ಸಾಹವನ್ನೂ ತುಂಬುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಕಟನ ಶಾಖೆಯ ಪ್ರೇರಕ ಶಕ್ತಿಯುತ ಸಂಘಟಕರಾದ ಶ್ರೀ ಕೆ. ಸಿ. ಶಿವಪ್ಪನವರಿಗೆ ನನ್ನ ವಂದನೆಗಳು.

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್

ವಿಷಯಾನುಕ್ರಮಣಿಕೆ

ನಾಲ್ಕನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣ

ಐದನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ಆರನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯ

ಅಧ್ಯಾಯ 1

ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು

1.1 ಮಾನವನ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಮುಖ್ಯಪಾತ್ರ

ನಮ್ಮನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವ ಭೌತ ಪ್ರಪಂಚದ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅರಿಯಲು ಸಾಧಕವಾಗುವಂತೆ ನಾವು ಕೆಲವು ಇಂದ್ರಿಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತೇವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನವಾದ ಚರ್ಮ, ಕಣ್ಣು, ಕಿವಿ, ನಾಲಗೆ ಮತ್ತು ಮೂಗುಗಳ ಮೂಲಕ ನಮಗೆ ಉಂಟಾಗುವ ಅನುಭವಗಳನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶ, ದರ್ಶನ, ಶ್ರವಣ, ರಸನ ಮತ್ತು ಘ್ರಾಣ ಎಂಬ ಐದು ಬಗೆಯಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಇಂದ್ರಿಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ನಮ್ಮ ನೇತ್ರೇಂದ್ರಿಯ. ಕೇವಲ ಒಂದು ನೋಟದಿಂದ ಗೋಚರವಾಗುವಷ್ಟು ಜ್ಞಾನದ ಹತ್ತನೆಯ ಒಂದು ಪಾಲಿನ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕೂಡ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಇಂದ್ರಿಯಗಳಿಂದ ದೊರಕುವ ಒಟ್ಟು ಅನುಭವವು ಹೊಂದಿರಲಾರದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಪ್ರಪಂಚದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಚಿತ್ರವನ್ನು ರೂಪಿಸಬೇಕಾದರೆ, ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುವ ವೀಕ್ಷಣ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಭೌತ ಮತ್ತು ಶರೀರ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಅರಿಯುವುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಗೂ ಮಾನವನ ಮಿದುಳಿಗೂ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡುವ ವಿಚಾರಗಳು ಅಡಗಿರಬೇಕು. ಚಾರಿತ್ರಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಅನಾದಿಕಾಲದಿಂದಲೂ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ದೃಷ್ಟಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಬೆಳಕಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ತತ್ತ್ವಗಳೆಲ್ಲವೂ ಕೇವಲ ದೃಷ್ಟಿಯ ವಿಚಾರವನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡಿದ್ದವು.

ವಿಜ್ಞಾನದ ಯುಗವು ಆರಂಭವಾದ ಮೇಲೆ, ಬೆಳಕಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಭಾಗವನ್ನಾಗಿ ಪರಿಗಣಿಸಿ, ಅದರ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಧಾನ್ಯವನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ದೃಷ್ಟಿಯು ಅದರ ಒಂದು ಅಂಗವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಸ್ಪರ್ಶ ಮತ್ತು ರಸನಗಳ ಅನುಭವಗಳು ಆಯಾ ಇಂದ್ರಿಯಗಳಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಕಣ್ಣಿನ ದೃಷ್ಟಿಯು ಸಫಲವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ವಸ್ತು

ವಿನಿಂದ ಕಣ್ಣುಗಳಿಗೆ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸಬಲ್ಲ ಬೇರೊಂದು ಸಾಧನವು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ರಾತ್ರಿಯ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ಕತ್ತಲೆ ಕೋಣೆಯಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ಇರುವ ವಸ್ತುಗಳು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸಲಾರವು. ಅಂದ ಮೇಲೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಗೋಚರವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಇರಬೇಕಾದ ಕಾರಕ (agency) ವನ್ನು ಬೆಳಕು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಸಮಸ್ತ ಜೀವರಾಶಿಗಳೂ ವಸ್ತುಗಳೂ ಗೋಚರವಾಗಿ ದೃಷ್ಟಿಯು ಸಾಫಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ ಮಾನವನು ನಿರ್ಮಿಸಿರುವ ಹಲವಾರು ಕೃತಕ ದೀಪಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದಲೂ, ವಸ್ತುಗಳು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ದೃಷ್ಟಿಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಭಾಗವನ್ನು ದ್ಯುತಿ ಶಾಸ್ತ್ರ (optics) ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದಲೇ ಇಂದಿನ ನಾಗರಿಕತೆಯು ರೂಪುಕೊಂಡಿದೆ. ದೂರದರ್ಶಕ, ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ, ಛಾಯಾಬಿಂಬ ಗ್ರಾಹಕ, ಚಲನಚಿತ್ರ ಪ್ರಕ್ಷೇಪಕ (Cinema projector) ರೋಹಿತ ಮಾಪಕ (Spectrometer) ಮುಂತಾದ ಉಪಕರಣಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಖಗೋಳ ಶಾಸ್ತ್ರವೂ, ಜೀವ ಶಾಸ್ತ್ರಗಳೂ ಅಪಾರವಾದ ಪ್ರಗತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಶುದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ಜ್ಞಾನವೇ ತಳಹದಿಯಾಗಿದೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ದ್ಯುತಿ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತವೂ ಆಕರ್ಷಕವೂ ಆದ ವಿಜ್ಞಾನದ ಭಾಗವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ.

ಈಗ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ವಿಚಾರ ಮಾಡುವ ಭೌತ ದ್ಯುತಿ ಶಾಸ್ತ್ರ (Physical optics) ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳ ಸಿಂಹಾವಲೋಕನವನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು.

1.2 ಕೆಲವು ಪುರಾತನ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು

ವಿಜ್ಞಾನದ ಯುಗವು ಆರಂಭವಾಗಿ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಮಾಡಲಾದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು 17ನೆಯ ಶತಮಾನಕ್ಕಿಂತ ಈಚಿನವುಗಳೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಆದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ, ಸುಮಾರು ಕ್ರಿ. ಪೂ. 500 ರಿಂದಲೂ, ಕೆಲವು ಗ್ರೀಕ್ ತತ್ತ್ವಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಪಾದಿತವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಹಲವಾರು ಶತಮಾನಗಳವರೆವಿಗೆ ಪ್ರಚಲಿತವಾಗಿದ್ದುವು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ತತ್ತ್ವಗಳು ಮುಖ್ಯವಾದುವು. ಇವುಗಳನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶಕವಾದ (Tactile theory) ಮತ್ತು ನಿಃಸರಣವಾದ (Emission theory) ಗಳೆಂದು ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಸ್ಪರ್ಶವಾದದ ಪ್ರಕಾರ, ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ಕೆಲವು

ಅದೃಶ್ಯಸ್ಪರ್ಶಾಂಗಗಳು (Antennae) ಹೊರಬಿದ್ದು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ಪರ್ಶಾನುಭವವನ್ನು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕೊಡಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ವಾದದ ಪ್ರಕಾರ, ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳಿಂದ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗಿ ಅದು ಕಣ್ಣನ್ನು ತಲುಪಿದ ಮೇಲೆ ಅದರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಂಗದ ವಿಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ದೃಷ್ಟಿಯ ಅನುಭವವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುತ್ತದೆ.

ಸ್ಪರ್ಶಕವಾದವು ಸರಳವಾಗಿ ಕಂಡು ಬಂದರೂ, ಕೆಲವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನುಭವಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಅದಕ್ಕೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಕತ್ತಲೆಯಲ್ಲಿ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶದ ಮೂಲಕ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಬಹುದಾದರೂ, ಕಣ್ಣಿಗೆ ಏಕೆ ಕಾಣಿಸುವುದಿಲ್ಲ? ಅದೇ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ತಾಪಕ್ಕೆ (Heat) ಒಳಗಾಗಿಸಿದರೆ ಏಕೆ ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ? ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಮೂಲಕ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಇತರ ವಸ್ತುಗಳು ಕಾಣಿಸುವುದು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ? ಇಂಥ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಸಮಾಧಾನಗಳು ದೊರಕುವಂತಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ಈ ವಾದವು ಬಹಳ ಕಾಲ ನಿಲ್ಲದೆ, ಸುಮಾರು ಕ್ರಿ. ಶ. 1000 ದ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಕೈಬಿಡಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಆ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ವಾದವಾದ ನಿಸ್ಸರಣ ವಾದವು ಪ್ರಬಲಗೊಂಡು ಮನ್ನಣೆಗೆ ಪಾತ್ರವಾಯಿತು.

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಈ ವಾದವು ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಸಮರ್ಥವಾಯಿತು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಒಂದು ವಿಕಿರಣ (Radiation) ವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಣ್ಣು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಟ ವಿಕಿರಣವು ಇತರ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಅಥವಾ ಚದುರಿದ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೂ ಇದೇ ಶಕ್ತಿಯಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಬೆಳಕು ಎಂದರೆ, 'ದೃಶ್ಯ ವಿಕಿರಣ' (Visible radiation) ಎಂದು ಅರ್ಥ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದು ಕಣ್ಣಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು. ಕಣ್ಣಿನ ಮಸೂರದಿಂದ ಆ ವಿಕಿರಣವು ಸಂಗಮ ಹೊಂದಿ, ಹಿಂಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಅಕ್ಷಿಪಟ (Retina) ದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಉಪಸ್ಥಿತವಾಗಿರುವ ಹಲವಾರು ನರ ವಿಶೇಷಗಳ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಭೌತ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಸ್ಫುರಣಗಳು (Electrical impulses) ಸೂಕ್ತ ತಂತುಗಳ ಮೂಲಕ ಮಿದುಳನ್ನು ತಟ್ಟಿ ನಮಗೆ ದೃಷ್ಟಿಯ ಅನುಭವವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ – ಇದು 'ದೃಷ್ಟಿ'ಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ವಿವರಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ದೃಷ್ಟಿಯ ವಿಚಾರವನ್ನು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ ಹಲವಾರು ಶಾಸ್ತ್ರಗಳ ಜ್ಞಾನವು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣ್ಣಿನ ರಚನೆ, ಚಾಕ್ಷುಷನರ ಮುಂತಾದ

ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಅಂಗ ರಚನೆಯ ಶಾಸ್ತ್ರವು (Anatomy) ತಿಳಿದಿರಬೇಕು. ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ಮಿದುಳಿನವರೆವಿಗೂ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಗೆ ದೇಹ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅರಿವು (Physiology) ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮಿದುಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ದೃಶ್ಯ ಮತ್ತು ಅದೃಶ್ಯ ಅನುಭವಗಳನ್ನು ಕೊಡಲು ಸಮರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸಲು ಮನಃಶಾಸ್ತ್ರದ ಪರಿಚಯ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ–ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಹಲವಾರು ಶಾಸ್ತ್ರಗಳ ಸಂಗಮವು ಅವಶ್ಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಇಲ್ಲಿಗೆ ನಿಲ್ಲಿಸಿ, ಮೂಲಭೂತವಾದ ಬೆಳಕಿನ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಬಹುದು.

1·3 ಭೌತಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು: ದ್ರವ್ಯಕಣವಾದ ಮತ್ತು ತರಂಗವಾದ

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ನೇತ್ರದೃಷ್ಟಿಯ ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕಿಂತ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಚಾರವು ಮೂಲಭೂತವಾದುದು. ಹಲವಾರು ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವುದರ ಮೂಲ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ನಡೆಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ, ಉಷ್ಣವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಶ್ರೇಣಿ (Thermo-pile) ಯಲ್ಲಿ ಶಾಖದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಿಂಬ ಗ್ರಾಹಕದ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮದಿಂದಲೂ, ಬೆಳಕಿನ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶ (Photo electric cell) ದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಕವೂ ಬೆಳಕನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ದ್ರವ್ಯ ವಸ್ತುವಿಗೂ ಬೆಳಕಿಗೂ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಉಷ್ಣ, ವಿದ್ಯುತ್, ರಾಸಾಯನಿಕ ಮುಂತಾದ ಶಕ್ತಿಯ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳು ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವಾಗ ಬೆಳಕನ್ನೂ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ರೂಪವೆಂದು ಗಣಿಸಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಶಕ್ತಿಯ ನಿತ್ಯತ್ವದ (Conservation of energy) ನಿಯಮವನ್ನು ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡಬಹುದು. ಇಷ್ಟೊಂದು ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ನಾವು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಂಡರೆ, ಕಣ್ಣಿನ ಅಕ್ಷಿಪಟದ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಉಂಟು ಮಾಡುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ದ್ಯುತಿ–ರಾಸಾಯನಿಕ (Photo-chemical) ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಈ ಎಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗಬಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಯ ಒಂದು ರೂಪವನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ, ಶಕ್ತಿಯ ಈ ರೂಪದ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಇದೇ ರೀತಿಯ ಇತರ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗಿರು

ತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ನೋಡಿದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಮಾದರಿಗಳು ಎದ್ದು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಕಣವಾದ (Corpuscular theory) ಮತ್ತು ತರಂಗವಾದ (Wave theory) ಎಂದು ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

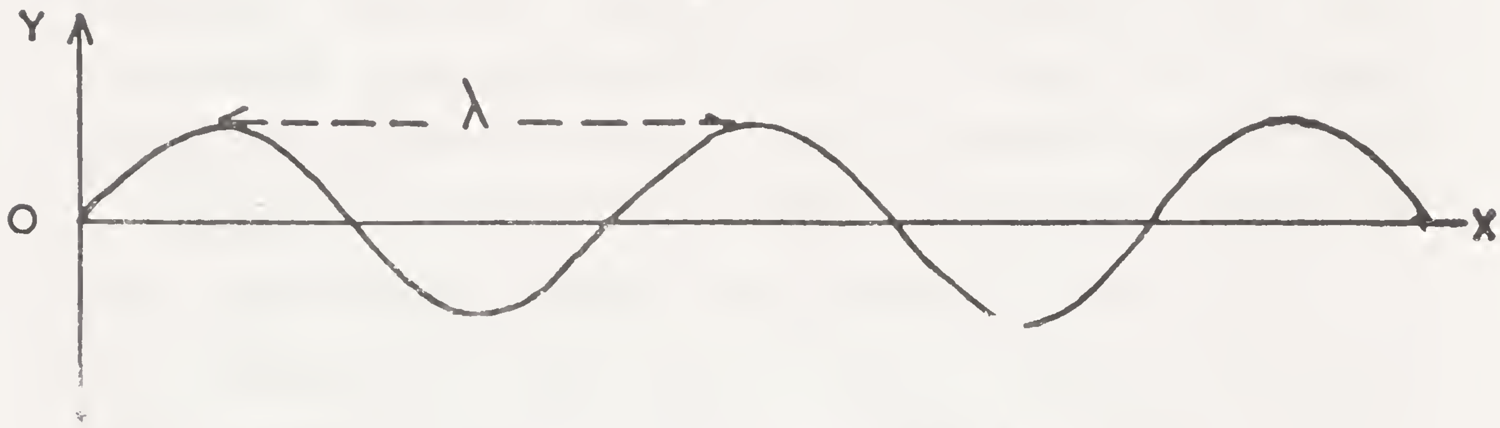
ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಚಲನಶಕ್ತಿಯಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಪದಾರ್ಥಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ ಅವುಗಳೊಂದಿಗೆ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯೂ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರವಾದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿಯೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ನ್ಯೂಟನ್ (1642–1727) ತನ್ನ 'ಕಣವಾದ'ವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಇದೇ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಥಮ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತ. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. "ಬೆಳಕು ಎಂದರೆ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ದ್ರವ್ಯಕಣಗಳ ಸಮೂಹ. ಈ ಕಣಗಳು ರಭಸದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವುದನ್ನು ತುಪಾಕಿಯಿಂದ ಚಿಮ್ಮುವ ಗೋಲಿಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ಕಣಗಳು ತೂಕವಿಲ್ಲದೆ ಅತ್ಯಲ್ಪಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗವು ಅಪಾರವಾದುದು."

ಬೆಳಕು ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವೆಂಬುದರ ಭಾವನೆಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮಹಾ ಮೇಧಾವಿಯಾದ ನ್ಯೂಟನ್ ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮಾನ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಪರಿಹಾರವನ್ನು ಕೊಟ್ಟನು. ನೇರಪ್ರಸಾರ, ಪ್ರತಿಫಲನ, ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಮುಂತಾದ ಪ್ರಧಾನ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ತನ್ನ ಅಪಾರವಾದ ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ಜ್ಞಾನದಿಂದ ನ್ಯೂಟನ್ ಸಮರ್ಥಿಸಿದನು–ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ವಿಶದವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

1.4 ತರಂಗವಾದ

ಈಗ ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧಾನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಇದನ್ನೇ ತರಂಗವಾದವು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರವನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರದ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಕಲ್ಲನ್ನು ಎಸೆದು ಅದು ಒಂದು ಕೊಳದ ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಕಲ್ಲು ತಾಕುವ ಸ್ಥಾನವನ್ನೇ ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತಿರುವ ಸುಳಿಗಳನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಈ ಸುಳಿಗಳು ವೃತ್ತಾಕಾರವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಾಯಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಉಬ್ಬು ತಗ್ಗುಗಳು (Crests and troughs) ಕಂಡು ಬರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ನೀರಿನ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಕ್ಷೋಭೆಯು (disturbance) ಏರ್ಪಟ್ಟು ಅದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅದರ ಪ್ರಸಾರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ಸಶರೀರವಾಗಿ (bodily) ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಗೆ ಚಲನ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕ್ಷೋಭೆಯು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಾಗಿರುವ ನೀರಿನ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಒಂದು ಅಲೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಈ ಅಲೆಯ ಆಕಾರ (wave form) ದಲ್ಲಿ ಉಬ್ಬು ತಗ್ಗುಗಳು ಒಂದು ನಿಯಮಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಉಬ್ಬು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವು ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿನ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಉಬ್ಬುಪ್ರದೇಶಕ್ಕೂ ಮತ್ತೊಂದು ಉಬ್ಬುಪ್ರದೇಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನು ತರಂಗಾಂತರ (Wave-length) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.



ಚಿತ್ರ 1.1 ಅಡ್ಡ ಅಲೆಯ ಆಕೃತಿ

ಈ ಅಲೆಯು ಹರಡಲು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕಾಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಅದು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ದೂರವನ್ನೇ ಅಲೆಯ ವೇಗವೆಂದು ಕರೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಬೆಳಕನ್ನು ಗೊತ್ತಾದ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸತಕ್ಕ ಅಲೆಯರೂಪದ ಒಂದು ಕ್ಷೋಭೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದು ಅಲೆಯ ಆಕಾರವೇ ಹೊರತು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಅರಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಣವಾದಕ್ಕೂ ಅಲೆಯುವಾದಕ್ಕೂ ಇರುವ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ ಇದು. ನ್ಯೂಟನ್ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಕು ಕಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ, ಆ ಕಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯೂ ಸಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಅಲೆಗಳ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯೂ ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹರಡುತ್ತದೆ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ಅದರೊಂದಿಗೆ ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ.

18 ಮತ್ತು 19 ನೆಯ ಶತಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಬೆಳಕನ್ನು ಕಣ ಅಥವಾ ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವುದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿದುವು. ಕಾಲಕ್ರಮ

ದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕಣವಾದಕ್ಕೆ ಬೆಂಬಲವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಅಲೆಗಳ ವಾದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವು ಉಂಟಾಯಿತು. ಈ ಅಲೆಗಳ ವಾದವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಥನೆ ಮಾಡುವಂತಾಯಿತು. ಆದರೆ, ನೇರಪ್ರಸಾರ (Rectilinear propagation) ವು ಮಾತ್ರ ಒಂದು ತೊಡಕಾಗಿದ್ದಿತು. ಫ್ರೆನೆಲ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಬುದ್ಧಿಶಕ್ತಿಯ ಫಲವಾಗಿ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಸಮಂಜಸ ಪರಿಹಾರವು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಆದರೆ, ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಸುಭದ್ರವಾದ ಆಧಾರವು ಬೆಳಕಿನ ಕೆಲವು ವಿಚಿತ್ರ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ದೊರಕಿತು. ಇವುಗಳು ಮೂರು ಬಗೆಯಾದವು; ಅಂತರರೋಧ (Interference) ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (Diffraction) ಮತ್ತು ಧ್ರುವೀಕರಣ (Polarization) ಎಂಬುವು ಈ ಮೂರು ಲಕ್ಷಣಗಳು. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಬೆಳಕಿನೊಂದಿಗೆ ಮಿಲನವಾದಾಗ ಕತ್ತಲೆ ಸಂಭವಿಸುವುದು ಅಂತರರೋಧದ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣ. ನೇರಪ್ರಸಾರವಾಗದೆ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರತಿಬಂಧಕ ವಸ್ತುಗಳ ಸುತ್ತಬಾಗುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯೂ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಹಾಗೆಯೇ, ಕ್ಯಾಲ್‌ಸೈಟ್ (Calcite) ಮುಂತಾದ ಕೆಲವು ಹರಳುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಬೆಳಕು ಎರಡು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಭಂಗವನ್ನು (Double refraction) ಹೊಂದುವುದಾಗಿ ತೋರ್ಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕನ್ನು ಅಲೆಯರೂಪದ ಪ್ರಸಾರವೆಂದು ತಿಳಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರಕುತ್ತದೆ. ಕಣವಾದಕ್ಕೆ ಇವುಗಳಿಂದ ಯಾವ ರೂಪದ ಬೆಂಬಲವೂ ಸಿಕ್ಕುವಂತಿಲ್ಲ.

ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕಣವಾದಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿ ಹಲವಾರು ವಿಶೇಷ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಬಂದವು. ಆದರೆ ತರಂಗವಾದವು ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಥನೆ ಮಾಡಿದ್ದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸ್ಥಿರವಾದ ಮನ್ನಣೆಯು 18ನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ದೊರಕಿತು. ನ್ಯೂಟನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಕಣವಾದಕ್ಕೆ ಬಲವಾದ ಪೆಟ್ಟು ಬಿದ್ದಿದ್ದು ಕ್ರಿ. ಶ. 1850ರಲ್ಲಿ ಫೂಕೋ (Foucault) ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿಯೂ, ನೀರಿನಲ್ಲಿಯೂ, ಬಹಳ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ನಿಧಾನವಾಗಿ, ಪ್ರಸಾರ ವೇಗವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಮಾಣದ $\frac{3}{4}$ ರಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆಯೆಂದು ತೋರಿಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಮಾಣದ $1\frac{1}{3}$ ರಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೂ

ನೇರವಾದ ಘರ್ಷಣೆ ಬಂದಾಗ, ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿಯಬೇಕಾದುದು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಾರ್ಗ. ಹೀಗೆ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕಣವಾದವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕೈಬಿಡಬೇಕಾದ ಪ್ರಸಂಗ ಒದಗಿತು.

1.5 ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ವಿಮರ್ಶೆಯಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ವಾದಕ್ಕೆ 19 ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯಭಾಗದ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಒಂದು ಮಾನ್ಯ ಸ್ಥಾನ ದೊರಕಿದಂತಾಯಿತು. ಆದರೂ, ತಾತ್ತ್ವಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಕೆಲವು ನ್ಯೂನತೆಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾದುವು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ರಚನೆಯ ಸಮಸ್ಯೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನುಭವದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಶೂನ್ಯ (Vacuum) ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದು ತಿಳಿದ ವಿಷಯ. ಬೆಳಕು ಅಲೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾದರೆ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ಆಂದೋಲನ ಮಾಡಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ಯಾವ ಕಣಗಳೂ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಆಂದೋಲನಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವೇ ಇಲ್ಲ. ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾಪಕ ಸಂಖ್ಯೆ (Elasticity modulus) ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸೂಚಿತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಒಂದು ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಘನವಸ್ತುವಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದೊಂದು ಬಗೆಹರಿಯದ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯಿತು. ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಒಂದು ಸರ್ವವ್ಯಾಪಕ ಕಾಲ್ಪನಿಕ (all-pervading hypothetical) ರಚನೆಯನ್ನು ಊಹಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಈಥರ್(ether)ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಯಿತು.

ಈ ತೊಡಕನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಉಳಿದ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಯಾವ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವೂ ಇರಲಿಲ್ಲ. ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ದೃಶ್ಯರೋಹಿತದಲ್ಲಿ (Visible spectum) ಕೆಂಪು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 7.5×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ಇದ್ದು ಊದ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 4×10^{-5} ಸೆಂ.ಮಿ. ಇರುವುದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇದರ ವೇಗವು ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 3,00,000 ಕಿ.ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್ ಎಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು.

ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಹೀಗಿರುವಲ್ಲಿ ಕ್ರಿ.ಶ. 1865ರಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (Maxwell) ಎಂಬ ಮಹಾಮೇಧಾವಿಯಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ನವೀನ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದನು. ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಆಂದೋಲನಗಳು ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವೇಗಗಳಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಇದು ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಕವಾಗಿ ಕೆಲವು ಪ್ರಧಾನ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಾಧಿಸಿದನು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಕಂಪನಗಳು (vibrations) ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವೇಗವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವಾಗ ಅದು ಬೆಳಕಿನ ಸಾಮಾನ್ಯ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವ ವಿಷಯವು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಇದೊಂದು ಅತ್ಯಂತ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಘಟನೆ.

ಏಕೆಂದರೆ, ಬೆಳಕಿಗೂ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳಿಗೂ (Electromagnetic waves) ಸಮನ್ವಯಮಾಡಿದ ಹಾಗಾಯಿತು. ಈ ಸಮನ್ವಯದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಯಾವ ವಿಧವಾದ ಕಲ್ಪನೆಯೂ ಬೇಕಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಗೆ ಸುಮಾರು 20 ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಕಳೆಯಬೇಕಾಯಿತು. ಕ್ರಿ.ಶ. 1887ರಲ್ಲಿ ಹರ್ಟ್ಜ್ (Hertz) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಿ ಅವುಗಳ ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು. ಹಲವಾರು ತರಂಗಾಂತರ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಈ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಫಲನ, ಅಂತರರೋಧ ಮುಂತಾದ ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಿಸ್ಸಂಶಯವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಹೀಗಾಗಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ರೂಢಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ಬೆಂಬಲ ದೊರಕಿದಂತಾಯಿತು.

ಈ ಎಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ರೂಪವೆಂದು ಭಾವಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಅಲೆಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯೂ ನಮಗೆ ಈಗ ಗೊತ್ತಿರುವ ಹಾಗೆ ಅಗಾಧವಾಗಿದೆ. ಸಮಾರು 2000 ಮೀಟರ್‌ಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ಸುಮಾರು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ. ವರೆಗಿರುವ ತರಂಗದೂರಗಳ ಈ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ (Spectrum) ಶಾಖ, ಬೆಳಕು, X– ಕಿರಣಗಳು, ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳು ಮುಂತಾದ ಎಲ್ಲ ರೂಪಗಳನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಬಹುದು – ದೃಶ್ಯವರ್ಣಪಟಲದ ಸ್ಥಾನವು ಅತ್ಯಲ್ಪ. ಅಂದರೆ, ಸುಮಾರು 7.5×10^{-5} ಸೆಂ. ಮೀ. ನಿಂದ 4×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ. ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಅಲೆಗಳ ಸ್ವರೂಪ	ತರಂಗಾಂತರದ ಮಿತಿ λ
ಉದ್ದ (ರೇಡಿಯೋ) ಅಲೆಗಳು →	3000 / 100 ಮೀಟರ್
ಹೃಸ್ವ (ರೇಡಿಯೋ) ಅಲೆಗಳು →	10 ಸೆಂ ಮೀ.
ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು →	10– ಸೆಂ,ಮೀ.
ರಕ್ತಾತೀತ ಅಲೆಗಳು →	7.5×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ,
ದೃಶ್ಯ (ಬೆಳಕು) ಅಲೆಗಳು →	4×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ.
ಅತಿ ನೀಲ ಅಲೆಗಳು →	10^{-6} ಸೆಂ ಮೀ
X–ಕಿರಣಗಳು →	10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ.
γ–ಕಿರಣಗಳು →	10^{-10} ಸೆಂ.ಮೀ.
ವಿಶ್ವ ಕಿರಣಗಳು →	10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ.

ಚಿತ್ರ 1.2 ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ವರ್ಣಪಟಲ

ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಯಾವ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳ ಪ್ರಸಾರವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುವುದು. ಅದರ ರೂಪಾಂತರ ಭೇದಗಳು ತರಂಗ ದೂರಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಕೆಂಪು ತುದಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅಲೆಗಳು ಶಾಖದ ಅಲೆಗಳಾಗಿ, ಶಾಖದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅತಿ ನೀಲ (ultra-violet) ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ನೀಲ ಅಂಚಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ತರಂಗಾಂತರ ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆಲ್ಲ ಶಕ್ತಿಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚಿ, ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ X–ಕಿರಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಸಾವಿರಾರು ಪಾಲು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಂದ ಮೇಲೆ, 19 ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದ ವೇಳೆಗೆ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ರೂಪುಗೊಂಡಂತಾಯಿತು. ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆಂದೂ, ಅದು ಅಡ್ಡ (Transverse) ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಬೇಕೆಂದೂ, ಅದನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿಸಿ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಅವಧಿಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದೆಂದೂ ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು.

1.6 ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ (ಶಕಲವಾದ)

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯ ದಶಕದ ವೇಳೆಗೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮನೋಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಸಂತುಷ್ಟ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಬಂದಿತ್ತು. ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು, ಶಾಖ, ಶಬ್ಧ, ವಿದ್ಯುತ್, ಕಾಂತತ್ವ ಮತ್ತು ಬೆಳಕು ಇವುಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಒಂದು ಪೂರ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದಂತೆಯೂ ತಿಳಿಯದೆ ಉಳಿದಿದ್ದ ಅಂಶಗಳು ಬಹಳ ಅಲ್ಪವೆಂದೂ ಭಾವನೆ ಇದ್ದಿತು. ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಆಕಾಶವು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಲವಾಗಿ ತೋರುತ್ತಿದ್ದಂತೆಯೇ ಹಠಾತ್ತನೆ ಮೋಡಗಳು ಕವಿದು, ಬಿರುಗಾಳಿಯು ಏರ್ಪಡುವ ಸಂಭವವು ಉಂಟಾಗಿ, ಒಂದು ಕಳವಳವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸುವಂತೆ ಆಯಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಕ್ರಿ.ಶ. 1895 ರಿಂದ ಸುಮಾರು 8–10 ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶ. ಪ್ರಕೃತಿಯು ಅತ್ಯಂತ ನವೀನ ರೀತಿಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ತಂದೊಡ್ಡಿ, ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಸವಾಲು ಹಾಕಿದಂತೆ ತೋರಿಬಂದಿತು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳು, X–ಕಿರಣಗಳು, ವಿಕಿರಣಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ (Radio-activity), ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ರಿಯೆ (Photo-electricity) ಮುಂತಾದ ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಗೆ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾಯಿತು.

ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದರೆ ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಸರಿಯಾಗಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲಿಯವರೆವಿಗೂ ಮೂಲಭೂತವೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಕೈಬಿಟ್ಟು ಅವು ಗಳಿಗೆ ನೇರ ವಿರೋಧ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಬೇಕಾದ ಪ್ರಸಂಗವು ಒದಗಿತು.

ಪ್ರಕೃತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಶಕಲ ವಾದ (Quantum theory) ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ತ್ವ (Principle of relati vity) ಗಳು ಮುಖ್ಯವಾದುವು. ಪ್ಲಾಂಕ್ (Planck) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಶಾಖವಿಕರಣ ಮತ್ತು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸ ಬೇಕಾಯಿತು. ಹಾಗೆಯೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ತತ್ತ್ವವನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಬಂದಿತು.

ಈ ಘಟನೆಗಳೊಂದಿಗೆ ನವೀನ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವು ಉದಯವಾಯಿತು. ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಸಾಮ್ಯವು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಶಕಲ ವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿವಿಕಿರಣ (Radiation of energy) ವು ಪ್ರಸಾರವಾಗು ವಾಗ ಅಖಂಡ (continuous) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಶಕ್ತಿಯು ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಪೊಟ್ಟಣಗಳ (packets) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊರಗೆಡಹಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂಬುದೇ ಪ್ರಮುಖ ಅಂಶ. ಅಂದರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣವು ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೀತಿ (discontinuous) ಯಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕಾದುದು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಒಂದೇ ತರಂಗ ದೂರದ ಶಕ್ತಿಯ ಪೊಟ್ಟಣ ಗಳ ಪ್ರಮಾಣವು ಆ ಶಕ್ತಿಯ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (Frequency)ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರು ತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸೂತ್ರರೂಪದಲ್ಲಿ.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \qquad (1.1)$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. ν = ಕಂಪನಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ, c = ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ λ = ತರಂಗಾತರ, E = ಶಕ್ತಿಪೊಟ್ಟಣದ ಪ್ರಮಾಣ (energy quantum) h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ.

ಹಳದಿ ಬೆಳಕಿನ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, $\lambda = 6 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ. $c = 3 \times 10^{10}$ ಸೆಂ.ಮೀಟರ್ / ಸೆಕೆಂಡ್, $h = 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕೆಂಡ್ ಎಂದು ತಿಳಿದರೆ, ಇದರ ಕ್ವಾಂಟಂ ಪ್ರಮಾಣ

$$E = \frac{6.6\times10^{-27}\times3\times10^{10}}{6\times10^{-5}} = 3.3 \times 10^{-12} \text{ ಎರ್ಗ್}$$

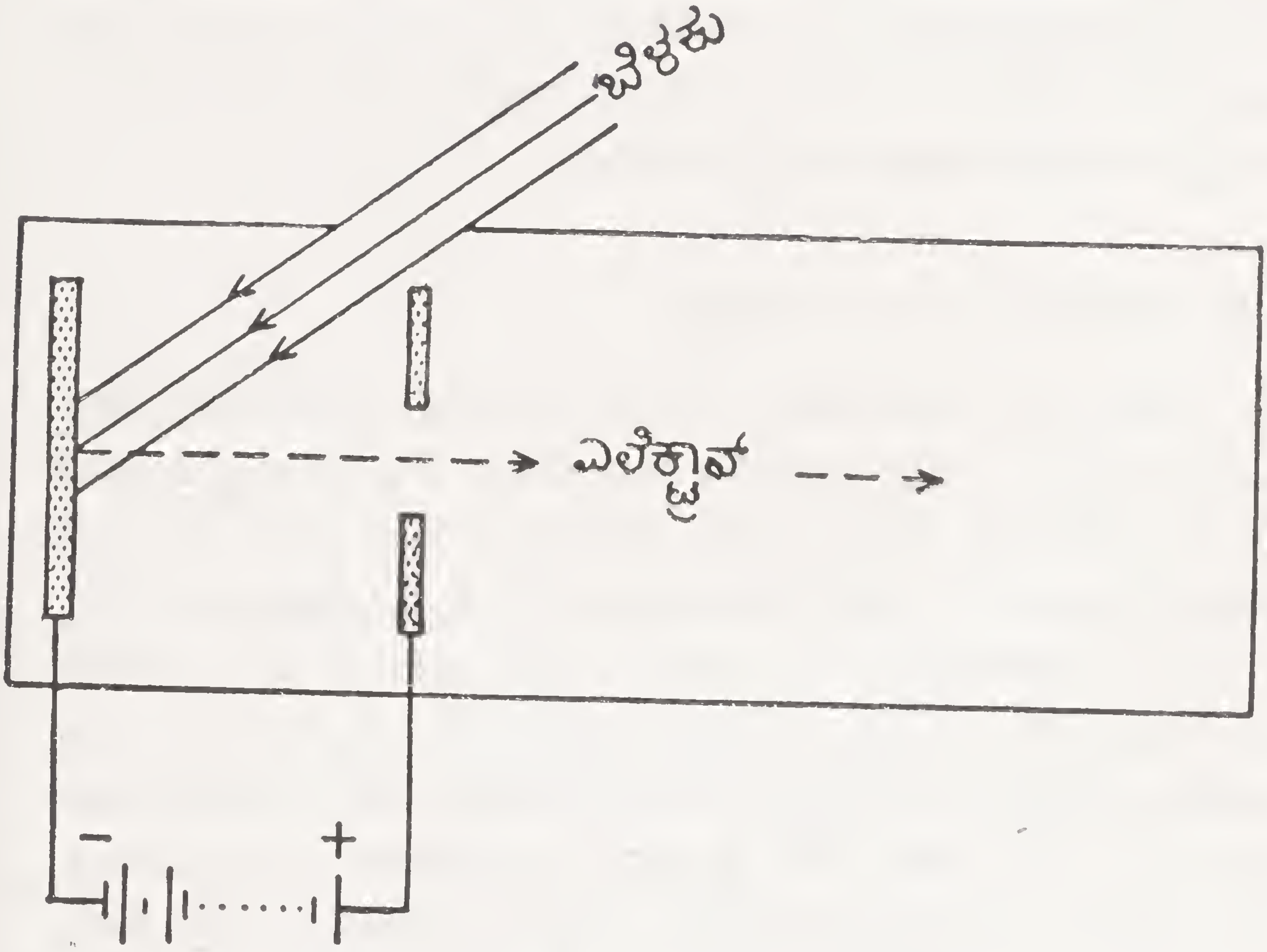
ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಹಳದಿ ಬೆಳಕು ಆ ಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದರೆ, ಅದು 3.3×10^{-12} ಎರ್ಗ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಲಕ್ಷಾಂತರ ಪೊಟ್ಟಣಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತುಂತುರು ಸಮೂಹದೋಪಾದಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಶಕ್ತಿಕಣಗಳ ಸಮೂಹದಂತೆ ಇರುವಂತೆ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುವ ವಿವಿಧ ರೋಹಿತಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ರೇಖೆಗಳನ್ನು (Spectral lines) ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಒಪ್ಪಲೇಬೇಕಾಯಿತು–ತರಂಗವಾದದಿಂದ ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಹಾಗೆಯೇ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಬೆಳಕನ್ನು ಶಕ್ತಿಕಣಗಳ ಸಮೂಹವೆಂದೇ ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅತಿನೀಲ (ultra-violet) ಅಥವಾ ದೃಶ್ಯಬೆಳಕನ್ನು ಕೆಲವು ಲೋಹ ವಿಶೇಷಗಳ (ಸೀಸಿಯಂ ಮುಂತಾದವು) ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಆ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಹೊರಬೀಳುವುದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಈ ಕಣಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿಯು ಮೂಲಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿಯೂ, ಆ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಪ್ರಕಾರವಸ್ತುವಿನ ಪ್ರಭಾಪ್ರಮಾಣವನ್ನು (intensity) ಅವಲಂಬಿಸಿಯೂ ಇದ್ದು, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಕಾಲವಿಳಂಬವಿಲ್ಲದೆ, ತತ್‌ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕೈಬಿಡಬೇಕಾಯಿತು. ಶಕಲವಾದದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಮರ್ಥನೆ ಹೊಂದಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಒಂದು ಸೂತ್ರದಿಂದ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು, ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಬೆಳಕು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವಾಗ, ಲೋಹದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ಶಕ್ತಿಕಣದ (photon) ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು, ಹೊರಬೀಳುವ ಕಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ರೋಹಿತ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಶಕಲವಾದವನ್ನು ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿದು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವ ಸಾಹಸವನ್ನು ಭೋರ್ (Bohr) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ರಿ.ಶ. 1913 ರಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಿದನು.

ಈ ಹೊಸ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ರೋಹಿತ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ, ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ (classical) ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಪ್ರಯೋಗವಿಲ್ಲದ್ದಾಗಿ, ಬೆಳಕನ್ನು ತರಂಗಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸದೆ ಶಕ್ತಿಕಣಗಳ ಸಮೂಹವೆಂದು (Shower of photons) ಗಣಿಸಬೇಕಾದುದು ಅನಿವಾರ್ಯವೆಂದೂ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು.

1.7 ಬೆಳಕಿನ ದ್ವಂದ್ವ ಪ್ರವೃತ್ತಿ

ಕ್ರಿ.ಶ. 1925ರವರೆವಿಗೆ ಮಾಡಲಾಗಿದ್ದ ಎಲ್ಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆಯು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಅಂದರೆ, ಬೆಳಕು ಎರಡು



ಚಿತ್ರ 1.3 ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ

ಭಿನ್ನರೂಪಗಳನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದು ತರಂಗರೂಪಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವ ಅಂತರರೋಧ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಮತ್ತು ಧ್ರುವೀಕರಣಗಳೆಂಬ ಮೂರು ಮುಖ್ಯಗುಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿವೆ. ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ ಬೇರೆ ಯಾವ ವಾದದಿಂದಲೂ ಇವುಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆಯೇ ಈಗಿನ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಮಾಡಲಾಗಿರುವ ರೋಹಿತಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಒಂದು ಶಕ್ತಿಕಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇರಬೇಕಾದುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವ ಪ್ರಮೇಯವೇ ಇಲ್ಲ, ಹೀಗಾಗಿ, ಬೆಳಕು ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ತರಂಗದಂತೆಯೂ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಕಣದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸಿ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ದ್ವಂದ್ವ (dual) ಸ್ವರೂಪಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುವ ವೈಚಿತ್ರ್ಯವು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣ ಮತ್ತು ತರಂಗಗಳೆಂಬ

(Particle and wave) ಪರಸ್ಪರ ವಿರೋಧ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಹೇಗೆ ಒಂದೇ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯ ಎಂಬುದು ತೊಡಕಿನ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿ ಉಳಿಯಿತು. ಒಬ್ಬ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿಸಿರುತ್ತಾನೆ. "ಸೋಮ, ಬುಧ ಮತ್ತು ಶುಕ್ರವಾರಗಳಲ್ಲಿ ಕಣದಂತೆಯೂ, ಮಂಗಳ, ಗುರು, ಶನಿ ವಾರಗಳಲ್ಲಿ ತರಂಗದಂತೆಯೂ, ತೋರ್ಪಡಿಸುವಂತೆ ಬೆಳಕು ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ." ಈ ಅನಿಶ್ಚಿತತೆಯು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇರಲು ಅವಕಾಶವಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ, ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನ್ಯೂನತೆಯಿರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ! ಆದರೆ, ಕೆಲವೇ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಪರಿಹಾರ ಕಾಣಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

1.8 ಆಧುನಿಕ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ

ಕಣ ಮತ್ತು ತರಂಗವಾದಗಳು ವಿರೋಧ ಭಾವನೆಗಳಲ್ಲವೆಂದೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದೂ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಇದಕ್ಕೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ (Quantum mechanics) ವೆಂದು ಹೆಸರಿಡಲಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಆಧಾರಭೂತವಾದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಈಗ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಾವು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟ ಮುಖ್ಯಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ದ್ವಂದ್ವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯಿರು ವುದನ್ನು ಕಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಈಗ ದ್ರವ್ಯ (Matter) ಅಥವಾ ಜಡವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಕಣವಾದದ ವಿನಾ ಯಾವ ಬೇರೆ ರಚನೆಯೂ ಇರುವ ಹಾಗಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದ್ದಿತು. ಬೆಳಕಿನ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಣ-ಅಲೆಗಳೆಂಬ ಎರಡು ರಚನೆಗಳು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವಾಗ, ಜಡವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಈ ವಿಧವಾದ ದ್ವಂದ್ವ ರಚನೆಯು ಏಕೆ ಇರಕೂಡದು ಎಂಬ ಸಂಶಯವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತ ಪಡಿಸಿದ ಡಿ ಬ್ರೋಲಿ (De Broglie) ಎಂಬ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಕಿ.ಶ. 1924 ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಸೂಚನೆಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಪ್ರಬಂಧವನ್ನು ಪ್ರಕಟ ಪಡಿಸಿದನು. ಈ ಸೂಚನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಜಡವಸ್ತುವಿನ ಕಣಗಳು, ಅದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯ ವಾಗಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು, ಕೆಲವು ತರಂಗ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ ವಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಕಣ-ತರಂಗಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಅಡಗಿರಬೇಕು- ಇದು ಕೇವಲ ಊಹೆಯಾಗಿ ಇದ್ದುದರಿಂದ ಮೊತ್ತಮೊದಲು ಇದಕ್ಕೆ ಅಷ್ಟಾಗಿ ಮನ್ನಣೆ ದೊರೆಯಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ (Schrodinger) ಎಂಬ ಜರ್ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾ ನಿಯು ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿ, ಒಂದು ಗಣಿತಶಾಸ್ತ್ರದ ಸೂತ್ರದ ಮೂಲಕ ನಿರೂಪಿಸಿದನು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಬಾರ್ನ್, ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್, ಡೈರಾಕ್ ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪ್ರವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿ ಒಂದು ಸ್ತಿಮಿತರೂಪಕ್ಕೆ

ತಂದರು. ಇದರಿಂದ ದ್ರವ್ಯ–ಅಲೆ (Matter wave) ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಉದಯವಾಯಿತು.

ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಈ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಭಾವನೆಗೆ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ತಳಹದಿಯಿದ್ದರೂ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಬೆಂಬಲವಿಲ್ಲದೆ ನಿಲ್ಲುವಂತಿರಲಿಲ್ಲ. ಅತ್ಯಾಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಂಗತಿಯೇನೆಂದರೆ, ಕೇವಲ ಮೂರು ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, 1927–1928ರ ವೇಳೆಗೆ, ಡೇವಿಸನ್, ಗರ್ಮರ್, (Davisson–Germer) ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು; ಜಡವಸ್ತುವೂ ಕೂಡ ತರಂಗಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಕ್ಕೆ, ಖಚಿತವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟವು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ನಿಕ್ಕಲ್ ಹರಳಿನ ಮೂಲಕವೂ, ಸುಮಾರು 10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ದಪ್ಪದ ಮೈಕ (Mica) ಹರಳಿನ ಮೂಲಕವೂ, ಹಾಯುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಚದುರುವಿಕೆಯ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಯಿತು. ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿ, X–ಕಿರಣಗಳು ಕೊಡುವ ಚಿತ್ರದ ತದ್ರೂಪವಾದ ವಿನ್ಯಾಸವು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ವಲಯ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ (rings) ಗುಂಪುಕಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುವ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಾಮ್ಯವಿದ್ದಿತು. ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಗೆ ಅಲೆಗಳ ವಾದದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಮರ್ಥನೆ ಬರುವುದರಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದಂತಾಯಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ, ದ್ರವ್ಯಕ್ಕೂ, ಬೆಳಕಿಗೂ, ರಚನೆಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಾಮ್ಯವು ಕಂಡುಬಂದಂತಾಯಿತು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಡಿ. ಬ್ರೋಲಿಯೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನೆಯಿಂದ ಕಂಡುಬರುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣವು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

$$\lambda = \frac{h}{m\vec{v}} \tag{1.2}$$

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಜಡಾಂಶವು m ಆಗಿ, ಆ ಕಣಗಳ ವೇಗವು v ಇದ್ದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ತರಂಗಾಂತರ (equivalent wave-length) λ ಆದರೆ, ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರವು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ—ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವೇಗವು10^9 ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್ ಆದರೆ, $m = 9 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ; $h = 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕೆಂಡ್.

$$\therefore \ \lambda = \frac{6.6 \times 10^{-27}}{9 \times 10^{-28} \times 10^9} = 0.73 \times 10^{-8} \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.}$$

$$= 0.73 \ A^0$$

ಅಂದರೆ, ಆ ವೇಗದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು, $0.73 A^0$ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ X–ಕಿರಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಾದ ದ್ರವ್ಯ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿವಿಕಿರಣ (Matter and Radiant energy) ಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಮ್ಯತೆ ಯಿರುವುದೆಂಬ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಶವು ಹೊರಬಿದ್ದಿತು. ಇವುಗಳೆರಡರಲ್ಲಿಯೂ, ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಕಂಡುಬರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಯಾವ ವಿರೋಧ ಭಾವನೆಯೂ ಇರಕೂಡದು. ಅವುಗಳನ್ನು ಪರಸ್ಪರ ಪೂರಕ (Complem entary) ಲಕ್ಷಣಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು.

ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ನಾಣ್ಯಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಆ ನಾಣ್ಯದ ಎರಡು ಮುಖಗಳು ಕಣ (photon) ಮತ್ತು ಅಲೆ (wave) ಗಳಾಗಿವೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಯಾವ ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ರೂಪಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಎರಡು ಭಾವನೆಗಳ ಐಕ್ಯತೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸುವಂತೆ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಸರಳಸೂತ್ರದಿಂದ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ. ಇದರ ರೂಪವು ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ದ್ರವ್ಯ–ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಮಾನತೆ ತತ್ತ್ವವೆಂದು (Equivalence principle) ತಿಳಿಯಬಹುದು.

$$E = Mc^2 \tag{1.3}$$

ಇದರ ಅರ್ಥವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ದ್ರವ್ಯರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಜಡಾಂಶ M ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯಾದರೂ, ಸಂಪೂರ್ಣ ನಾಶಮಾಡಿ, ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ತಂದರೆ, ಆ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು E ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $c=$ ಬೆಳ ಕಿನ ವೇಗ $=3\times10^{10}$ ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, $M=1$ ಗ್ರಾಂ ಆದರೆ ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು $1\times9\times10^{20}=9\times10^{20}$ ಎರ್ಗ್ ಗಳಷ್ಟು ಅಗಾಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸೂತ್ರವು ಕ್ರಿ.ಶ. 1905 ರಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದರೂ ಇದರ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಸುಮಾರು 40 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ, ಅಂದರೆ ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಮಾನುಷ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬುಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇಡೀ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಈ ಸೂತ್ರವು ಪ್ರಧಾನವಾಗಿದೆ.

1.9 ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯ

ಇದುವರೆವಿಗೂ ತಿಳಿಸಿರುವ ಸ್ಥೂಲ ವಿಮರ್ಶೆಯಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು

ಆಧುನಿಕ ಭಾವನೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿದೆ ಎಂಬುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಈ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವಗಳು ಅಡಗಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು–ಎರಡನೆಯದು ಶಕಲವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಕಣದ ಲಕ್ಷಣಗಳು-ಮೂರನೆಯದು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ. ಇವು ಮೂರನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಐಕ್ಯಭಾವನೆಯು ಆಧುನಿಕ ತರಂಗ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ (New Quantum mechanics) ಅಡಗಿದೆ.

ಮತ್ತೊಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಯೇನೆಂದರೆ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ಅನ್ವೇಷಣೆಯು ಜಡವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಅಂತ್ಯವಾಗಿ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಮನ್ವಯ ಹೊಂದಿ ವಿಶಾಲವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿತು. ಕಣ-ಅಲೆಗಳ ನಡುವಣ ವಿರೋಧ ಭಾವನೆಗಳು ನಾಶವಾಗಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ತತ್ತ್ವವು ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯರೂಪಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುವುದಾಗ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಜಡವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿರೂಪಗಳ ಸಾಮ್ಯತೆ ಮತ್ತು ಪರಿವರ್ತನೀಯ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕೂಡ ಅರಿತಂತಾಯಿತು.

ಬಾಹ್ಯದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ವೈವಿಧ್ಯದ ಹಿಂದುಗಡೆ ಇರಬಹುದಾದ ಒಂದು ಏಕತತ್ತ್ವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮುಖ್ಯ ಧ್ಯೇಯವಾದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಜ್ಞಾನದ ಭಾಗವು ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದೆ ಎಂದು ಧಾರಾಳವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು.

ಅಧ್ಯಾಯ 2

ರಶ್ಮಿ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳು

2.1 ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ದ್ಯುತಿ ಶಾಸ್ತ್ರ

ಬೆಳಕಿನ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯಭಾಗಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದಾದ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ಶಾಸ್ತ್ರದ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನುಭವದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಅದು ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಸಮರೂಪ (Homogeneous medium) ವಾಗಿದ್ದರೆ, ನೇರವಾದ ಸರಳರೇಖೆಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ರಶ್ಮಿಪ್ರಸಾರವೆಂದು ಕರೆದರೆ, ಬೆಳಕು ಈ ರಶ್ಮಿಗಳ ಸಮೂಹದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ರಶ್ಮಿಗೆ ಜ್ಯಾಮಿತಿಯಲ್ಲಿ ಸರಳರೇಖೆಯನ್ನು ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

ಬೆಳಕಿನ ರಶ್ಮಿಗಳು ಕೆಲವು ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದರೆ, ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಬಹುದು. ದರ್ಪಣಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಿ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತೆ ಮೊದಲಿನ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಹಿಂದಿರುಗುತ್ತದೆ. ಸಮತಲ ದರ್ಪಣಗಳಿಂದಲೂ, ವಕ್ರದರ್ಪಣಗಳಿಂದಲೂ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುವಾಗ ಕೆಲವು ಸರಳ ನಿಯಮಗಳಿರುತ್ತವೆ–ಆಪಾತ ಕೋನವೂ ಪ್ರತಿಫಲನ ಕೋನವೂ ಸಮನಾಗಿರುವುವು ಎಂಬುದು ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಸೂತ್ರ. ಹಾಗೆಯೇ, ಬೆಳಕಿನ ರಶ್ಮಿಗಳು ಒಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೂಲಕವೋ, ವಕ್ರಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೂಲಕವೋ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡುವಾಗಲೂ, ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರಶ್ಮಿಭಂಗಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆಯೂ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಸೂತ್ರಗಳಿವೆ.

ಈ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ದರ್ಪಣ, ಅಶ್ರಗ ಮತ್ತು ಮಸೂರಗಳ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕಿನ ರಶ್ಮಿಗಳ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ, ಅಪಾರವಾದ ಜ್ಞಾನವು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ, ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ರೋಹಿತ ಮಾಪಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೂ, ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಜ್ಞಾನ

ಭಂಡಾರವು ವಿಶಾಲವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಹಲವಾರು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರೀತಿಯ ಔದ್ಯೋಗಿಕ ಉಪಕರಣಗಳು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತಿವೆ.

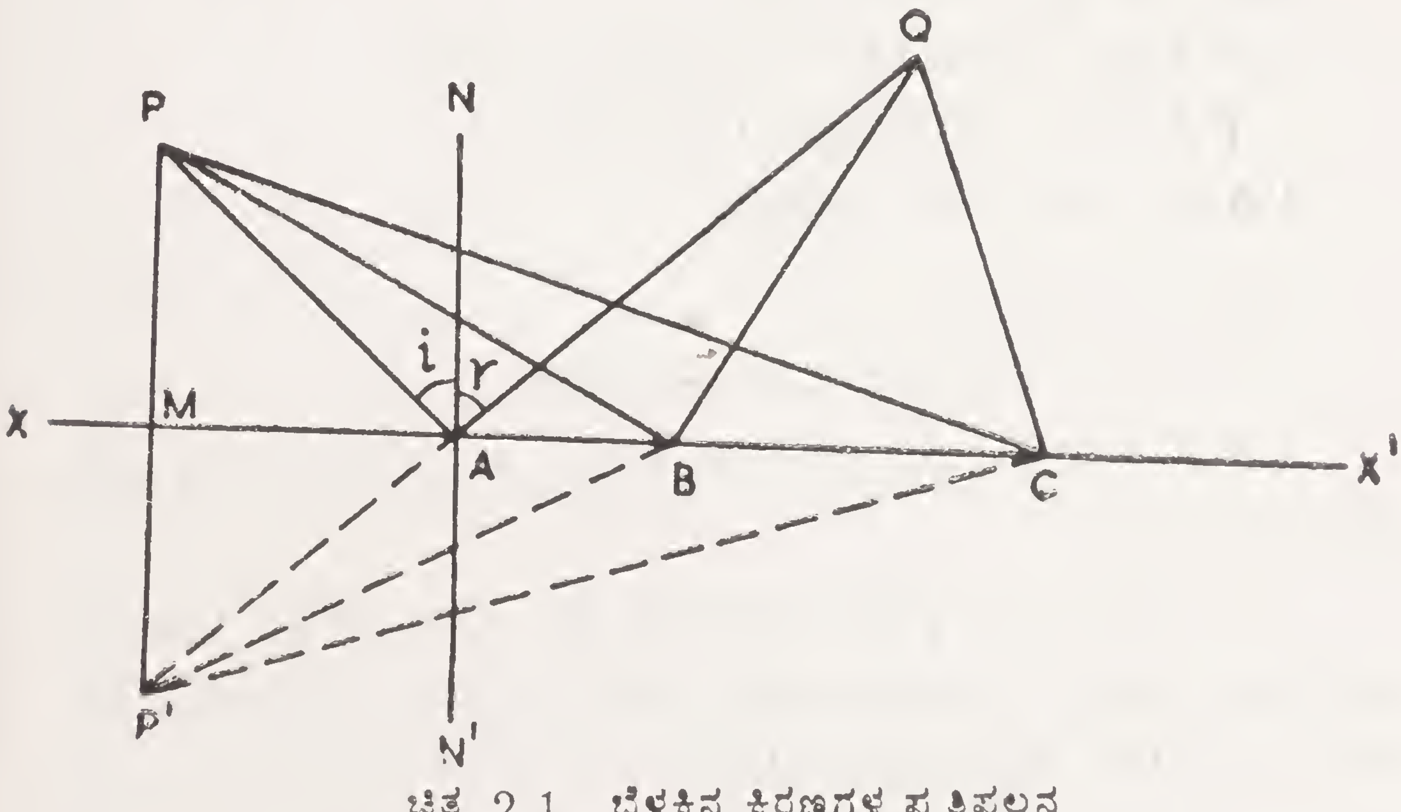
ಹೀಗಾಗಿ, ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ದೃಗ್ವಿಜ್ಞಾನವು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಮತ್ತು ಅತ್ಯುಪಯುಕ್ತವಾದ ವಿಭಾಗವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಈಗ ಈ ರಶ್ಮಿಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ತಾತ್ತ್ವಿಕ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆಯೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡೋಣ.

2.2 ಫರ್ಮಾವಿನ ಕನಿಷ್ಠ ಕಾಲದ ನಿಯಮ

ಈ ನಿಯಮವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. "ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವು ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಾಗ, ಅದು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಠ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಪಥದಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ."

ಈ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಗಳು ಒಂದೇ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಮೇಲಿನ ನಿಯಮವು ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಇದರಿಂದ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

(i) ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ



ಚಿತ್ರ 2.1. ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನ

P ಮತ್ತು Q ಬಿಂದುಗಳು ಒಂದೇ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿರಲಿ. XX' ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಮತಲ ಪ್ರತಿಫಲಕ ಮೇಲ್ಮೈಯಾಗಿರಲಿ. ಬೆಳಕಿನ ರಶ್ಮಿ P ಬಿಂದುವಿನಿಂದ

ಹೊರಟು, ಪ್ರತಿಫಲನದನಂತರ Q ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲುಪಲು ಹಲವಾರು ಪಥಗಳಿವೆ. A,B,C....ಗಳು ಪ್ರತಿಫಲನ ಬಿಂದುಗಳಾದರೆ, $PA+AQ$, $PB+BQ$, $PC+CQ$,....... ಗಳು ಒಟ್ಟು ದೂರಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಒಂದೇ ಸಮರೂಪದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಆ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದು ಅತಿಕನಿಷ್ಠವಾಗಿದೆಯೋ, ಆ ಪಥಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ಕಾಲವೂ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಬೆಳಕು ಯಾವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡೋಣ.

PM ಎಂಬ ರೇಖೆಯು xx^1ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದು ಅದನ್ನು P^1ಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸಿ $PM=P^1M$ ಆಗಿರಲಿ. P^1Q ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದು ಇದು ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ಬಿಂದುವು A ಆಗಿರಲಿ, B,C....ಗಳು ಬೇರೆ ಬಿಂದುಗಳಾಗಿದ್ದು, PB, BQ, PC, CQ, P^1B, P^1C ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆದಿರುತ್ತದೆ. AN ರೇಖೆಯು xx^1ಗೆ ಲಂಬವಾದರೆ,

$PAN=i=$ ಆಪಾತಕೋನ.

$QAN=r=$ ಪ್ರತಿಫಲನಕೋನ.

ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ,

PMP^1, xx^1ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ,

$PM=P^1M$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ,

$\triangle PAM$, $\triangle P^1AM$ ಸರ್ವಸಮ ತ್ರಿಕೋನಗಳಾಗಿ,

$\angle PAM = \angle P^1AM$; $PA=P^1A$

$PAN^1=P^1AN^1=NAQ$,

ie, $i=r$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, A ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನವಾದರೆ,

ಆಪಾತಕೋನವು ಪ್ರತಿಫಲನಕೋನಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿದ್ದು, ಪ್ರತಿಫಲನ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ, $PA+AQ=P^1A+AQ=P^1Q$ ಆಗುತ್ತದೆ. A ಗೆ ಬದಲು B, C... ಗಳು ಯಾವುದೇ ಬಿಂದುಗಳಾದರೂ, ಆ ಪಥಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವಾಗ, $PB+BQ=P^1B+BQ$

$$PC+CQ=P^1C+CQ$$

$\triangle P^1BQ$ ನಲ್ಲಿ $P^1B+BQ>P^1Q$,

(ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳ ಮೊತ್ತವು ಮೂರನೆಯ ಪಾರ್ಶ್ವಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ)

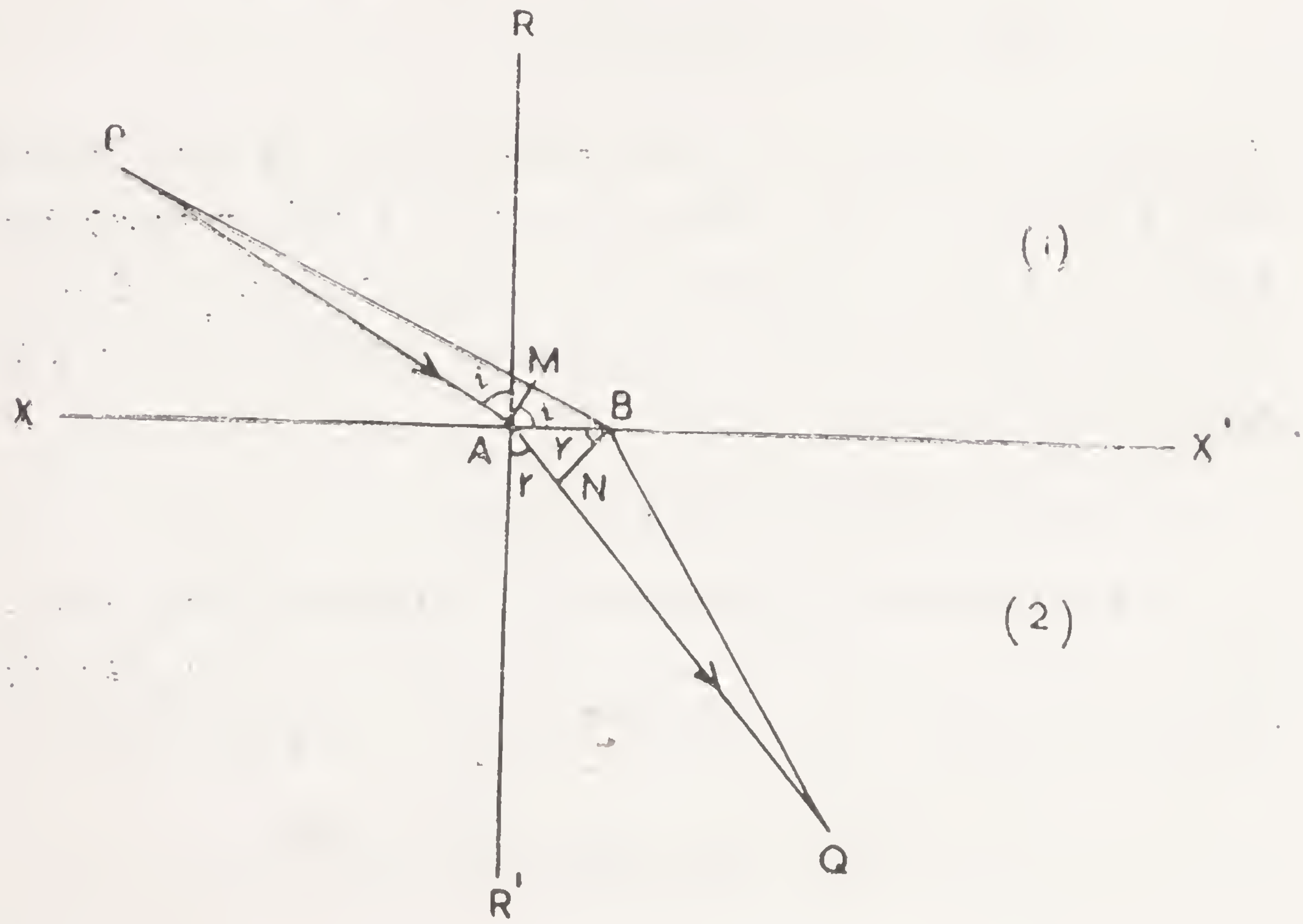
$$P^1Q = PA + AQ$$

$$\therefore PB + BQ > PA + AQ$$

ಹಾಗೆಯೇ $PC + CQ > PA + AQ$

ಅಂದರೆ, A ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನವಾದಾಗ ಮಾತ್ರ (PA + AQ) ಎಂಬ ಒಟ್ಟು ದೂರವು ಅತಿಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರಬೇಕು. ಅದಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ಕಾಲವೂ $\frac{(PA + AQ)}{c} = t$ ಅತಿಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರಬೇಕು. (c = ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ) ಆದ್ದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ರಶ್ಮಿಯು PA, AQ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಕಾಲವು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹಾಗಿರುವಾಗ, $i = r$ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದ ಹಾಗಾಗುತ್ತದೆ.

(ii) ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿ ಭಂಗ



2.2. ಬೆಳಕಿನ ರಶ್ಮಿಭಂಗ

ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಯಿನಿಂದ ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾಗುವಾಗ, i ಮತ್ತು r ಗಳು ಆಪಾತ ಕೋನ ಮತ್ತು ಭಗ್ನಕೋನಗಳಾದರೆ, ಸ್ನೆಲ್ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \mu \text{ ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿರಬೇಕು} \qquad (2\text{–}1)$$

ಇದನ್ನು ಫರ್ಮಾ ನಿಯಮದ ಸಮರ್ಥನೆಯಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಸರಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

P ಮತ್ತು Q ಎರಡು ಬೇರೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ (1) ಮತ್ತು (2) ಗಳಲ್ಲಿದ್ದು XX^1 ಎಂಬ ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲಿ.

ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು P ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಟು Q ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲಪುವಾಗ ಯಾವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ ಅತ್ಯಲ್ಪಕಾಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತ ವೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ PA, AQ ಎಂಬ ಮಾರ್ಗವನ್ನೇ ಬೆಳಕು ವಾಸ್ತ ವವಾಗಿ ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದರೆ, A ಆಪಾತ ಬಿಂದುವಾಗಿ, PAR=i, $R^1AQ=r$ ಗಳು ಆಪಾತಕೋನ ಮತ್ತು ಭಗ್ನಕೋನಗಳು ; ಸ್ನೆಲ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ,

$$\frac{\text{Sin i}}{\text{Sin r}} = \text{ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿರಬೇಕು}$$

ಈ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾದರೆ, ಕಾಲವು ಅತಿಕನಿಷ್ಠವಾಗಿದ್ದು, B ಎಂಬ ಬಿಂದುವು Aಗೆ ಅತಿಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, PB, BQ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೂ ಅದೇ ಕಾಲಾವಧಿಯಿರು ತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. A, Bಗಳು ಎಷ್ಟು ಸಮೀಪವಾಗಿದ್ದರೆ ಅಷ್ಟು ಒಳ್ಳೆಯದು. ಚಿತ್ರ (2.2) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, AM ಮತ್ತು BNಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ PB AQ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರಲಿ.

B ಬಿಂದುವು Aಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ,

PA,AQ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ಕಾಲವೂ, PB,BQ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ಕಾಲವೂ ಒಂದೇ ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. (1) ಮತ್ತು (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಗಳು c, c^1 ಆದರೆ, ಎರಡುಕಾಲಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನಂತೆ ತೋರಿಸಬಹುದು:

$$\frac{PA}{c} + \frac{AQ}{c^1} = \text{ಒಟ್ಟು ಕಾಲ} = \frac{PB}{c} + \frac{BQ}{c^1}$$

ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ,

PA=PM; BQ=QN ಎಂದೂ

MAB=i; ABN=r ಎಂದೂ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

$$\frac{PB}{c} = \frac{PM}{c} + \frac{MB}{c}$$

$$\frac{AQ}{c^1} = \frac{AN}{c^1} + \frac{NQ}{c^1}$$

$$\therefore \frac{PA}{c} + \frac{AN}{c^1} + \frac{NQ}{c^1} = \frac{PM}{c} + \frac{MB}{c} + \frac{BQ}{c^1}$$

$$= \frac{PA}{c} + \frac{MB}{c} + \frac{QN}{c^1}$$

$$\therefore \frac{MB}{c} = \frac{AN}{c^1}$$

ಆದರೆ $MB = AB \text{ Sin } i$

$AN = AB \text{ Sin } r$

$$\therefore \frac{MB}{AN} = \frac{AB, \text{ Sin } i}{AB, \text{ Sin } r} = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}$$

$$= c/c^1 = \frac{(1)\text{ರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}}{(2)\text{ರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}} = \mu = \text{ನಿಯತಾಂಕ} \quad (2.2)$$

ಅಂದರೆ, PA, AQ ಮಾರ್ಗವು ಬೆಳಕಿನ ರಶ್ಮಿಯು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅನುಸರಿಸುವ ಮಾರ್ಗವಾಗಿದ್ದರೆ,

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{c}{c^1} \text{ ಆಗಿರಬೇಕು.}$$

ಇದು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಗಳ ಅನುಪಾತವಾದ್ದರಿಂದ, ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿರಬೇಕು. ಇದೇ ಸ್ನೆಲ್ ನಿಯಮ–ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದಂತಾಯಿತು.

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = {}_1\mu_2 = \text{ಭಂಗಸೂಚಕ ಸಂಖ್ಯೆಯಾದರೆ,}$$

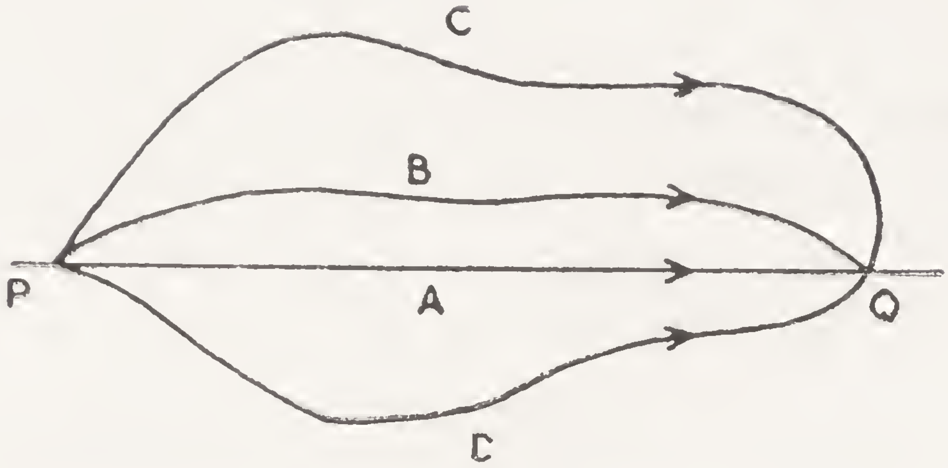
$$_1\mu_2 = \frac{c}{c^1} = \frac{(1)\text{ರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}}{(2)\text{ರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}} \quad (2.3)$$

ಇದು ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶ–ಇದರ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯನ್ನು ಮುಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುವುದು.

ಫರ್ಮಾ ತತ್ವವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ವಕ್ರದರ್ಪಣ, ಮಸೂರ ಮುಂತಾದ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನೂ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಚಲಿಸುವ ಪಥದಲ್ಲಿ ಕಾಲವು ಅತಿಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರದೆ ಅತಿಗರಿಷ್ಠ (maximum) ವಾಗಿರುವುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ತತ್ವವನ್ನು ಫರ್ಮಾವಿನ ಪರಮಾವಧಿ ಕಾಲದ (Fermat's law of extreme path) ತತ್ವ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಸೂತ್ರದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತಂದರೆ, ಅದರ ರೂಪವನ್ನು ಈಗ ತೋರಿಸಬಹುದು.

2.3 ಫರ್ಮಾ ತತ್ವದ ವಿಸ್ತರಿತ ನಿರೂಪಣೆ

ಬೆಳಕು ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ, ಅದು ಅನುಸರಿಸುವ ಪಥದ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಸರಳ ಸೂತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ. 2.3 ಫರ್ಮಾ ತತ್ವ

P ಮತ್ತು Q ಗಳ ನಡುವಣ ಪಥವು PAQ, PBQ, PCQ....ಗಳಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿದ್ದರೂ, ಬೆಳಕು ಅನುಸರಿಸುವ ಮಾರ್ಗವು PAQ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಫರ್ಮಾ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಅದು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲವು ಪರಮಾವಧಿ ಅಂದರೆ ಅತಿಕನಿಷ್ಠ (ಅಥವಾ ಗರಿಷ್ಠ) ವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, PBQ ಪಥವು ಈ ವಾಸ್ತವ್ಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಕಾಲವು ಅಷ್ಟೇ ಇರಬೇಕು ಅಂದರೆ PAQ=PBQ

ds ಎಂಬುದು ಪಥದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಭಾಗವಾದರೆ, PQ ಪಥದ ಒಟ್ಟುದೂರವು $\int_P^Q ds$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು ಈ ಪಥದ ಆಕಾರದ ಮೇಲೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಬೆಳಕು ಅನುಸರಿಸುವ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ

$$\int_P^Q ds = \text{ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ}$$

ಅಂದರೆ, $\delta \int_P^Q ds = O$ (2.4)

ಹೀಗಾಗಿ, PQ ನೇರರೇಖೆಯಾಗಬೇಕು. (P,Q ಗಳ ನಡುವೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಸಮರೂಪ). ಈಗ, P ಮತ್ತು Q ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಸಮರೂಪವಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಕಾಲವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿ

ಯಲು ಬರೀ ದೂರ ಮಾತ್ರ ಸಾಲದು. ವೇಗವೂ ಗೊತ್ತಾಗಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

$$\int_P^Q dt = \int_P^Q \frac{ds}{v} = \text{ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯ.}$$

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ (2.3) c= ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ v= ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವಾದರೆ, ಆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಭಂಗಸೂಚಕ ಸಂಖ್ಯೆ μ ಆದರೆ $\mu = \frac{c}{v}$; $v = \frac{c}{\mu}$

$$\int_P^Q \frac{\mu.ds}{c} = \text{ಕನಿಷ್ಠ} \quad \text{ಅಥವಾ} \quad \int_P^Q \mu.ds = \text{ಕನಿಷ್ಠ}$$

$$\delta \int_P^Q \mu.ds = O \qquad (2.5)$$

ಈ ವಿಸ್ತರಿತ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ P,Qಗಳ ನಡುವೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಸಮರೂಪವಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ PQ ಪಥವು ನೇರವಾಗಿರದೆ ಬೇರೆ ಆಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

μ ಭಂಗಸೂಚಕ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ds ದೂರವನ್ನು ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಲು ಬೆಳಕು dt ಕಾಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ,

$$dt = \frac{ds}{v} = \frac{\mu ds}{c} \left[\because \mu = \frac{c}{v} \right] \qquad (2.6)$$

ಅಂದರೆ, ಇದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ μ.ds ದೂರವನ್ನು ಸಾಗ ಬಲ್ಲದು ಎಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ μ.ds=ದೃಕ್ ದೂರ (Optical path) ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶ (ಅಥವಾ ಗಾಳಿ) ದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸಮಾನದೂರ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ds ದೂರವನ್ನೂ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ μ.ds ದೂರವನ್ನೂ ಬೆಳಕು ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಲು ತಗಲುವ ಕಾಲವು ಒಂದೇ ಎಂದು ಅರ್ಥ. ಈ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಮುಂದೆ ಪದೇ ಪದೇ ಉಪ ಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

2·4 ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟನ್‌ನ ಕನಿಷ್ಠ ಕಾರ್ಯದ ನಿಯಮ

ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಫರ್ಮಾತತ್ವಕ್ಕೆ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ತತ್ವವನ್ನು ದ್ರವ್ಯಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅಥವಾ ವಿಸ್ತರಿತ ತತ್ವವನ್ನು ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಇದು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿದೆ: "ದ್ರವ್ಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು (material system) ಒಂದು ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವಾಗ, ಅದು ಅನುಸರಿಸುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ (action) ಕಾರ್ಯವು ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ." T ಎಂಬುದು ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿದ್ದು dt ಎಂಬುದು ಕಾಲವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ $T \cdot dt = da$

$$= \text{ಕಾರ್ಯ} \qquad (2.7)$$

1 ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ 2 ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದಲಾವಣೆಯಾದರೆ, ಒಟ್ಟು ಕಾರ್ಯ A ಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸೂತ್ರವು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

$$A = \int_1^2 T\,dt = \int_1^2 (E-V)\,dt \qquad (2.8)$$

E = ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ = T + V = ಚಲನ ಶಕ್ತಿ + ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಶಕ್ತಿ. ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟನ್ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ

$$\int_1^2 (E-V)\,dt = O \qquad (2.9$$

ದ್ರವ್ಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಕಣವಿದ್ದು ಅದರ ಜಡಾಂಶ = m ಮತ್ತು ವೇಗ = v ಆದರೆ,

$$T = \tfrac{1}{2} m\nu^2 = (E-V) \qquad \cdot \nu = \frac{ds}{dt}$$

$$\delta \int_1^2 \tfrac{1}{2} mv^2 \cdot dt = O$$

$$\delta \int_1^2 v^2\,dt = O$$

$$\delta \int v \cdot \frac{ds}{dt} \cdot dt = O \text{ i e}, \quad \delta \int v \cdot ds = O \qquad (2.10)$$

2.10 ನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಮೌಪರ್‌ತುಯಿ (Maupertui's principle) ತತ್ತ್ವವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಫರ್ಮಾ ತತ್ತ್ವದಿಂದ ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ

ದ್ಯುತಿಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಉಪಯೋಗವಿದೆಯೋ ಅಷ್ಟೇ ಸಹಾಯಕವಾಗಿ, ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರ (2.10) ವನ್ನು ದ್ರವ್ಯಕಣದ ರಚನೆಯ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು.

2.5 ತರಂಗಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ

ಮೇಲಿನ ವಿಮರ್ಶೆಯಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬರುವ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೆಂದರೆ ದ್ರವ್ಯಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ದ್ಯುತಿಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಾಮ್ಯ. ಈ ಸಾಮ್ಯಕ್ಕೆ ಒಂದು ಭೌತ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಹ್ಯಾಮಿಲ್ಟನ್‌ಗೆ ಸಾಧ್ಯತೆ ತೋರಿಬರಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ನಮ್ಮ ಇತ್ತೀಚಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಹೊಸ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬಹುದು.

ಫರ್ಮಾತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, $\delta \int \mu . ds = O \; ; \; \delta \int \frac{c}{v} . ds = O$

$$\text{i.e, } \delta \left(\frac{ds}{\nu} \right) = O \quad [\nu = \text{ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}] \qquad (2.11)$$

ಹಾಮಿಲ್ಟನ್ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ $\delta \int v . ds = O$ (2.12)

ಇಲ್ಲಿ v = ಕಣದ ವೇಗ.

ಬೆಳಕಿನ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ν ಅಂಶ (Numerator), ಕಣದ ತತ್ತ್ವದಲ್ಲಿ ν ಯು ಛೇದ (Denominator) ದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಡಿಬ್ರೋಲಿ, ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ಮೊದಲಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಪಾದಿತವಾಗಿರುವ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ನೋಡಿದರೆ, ದ್ರವ್ಯಕಣಕ್ಕೆ ತರಂಗ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಹೀಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಲಾಗುವ ತರಂಗ (ದ್ರವ್ಯ-ತರಂಗ)ದ ವೇಗವು ಕಣದ ವೇಗಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮ (inversely proportional) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ದ್ರವ್ಯ-ತರಂಗದ ವೇಗವು ν^1 ಆದರೆ $v^1 a \frac{1}{v}$

ಇದರ ಪ್ರಕಾರ 2.12 ಸೂತ್ರವು

$$\delta \int \frac{ds}{\nu^1} = O \qquad (2.13)$$

ಈ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಫರ್ಮಾ ಸೂತ್ರ (2.11) ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿದಹಾಗಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ v = ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ : ಕಣದ ಚಲನದ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ v^1 = ಕಣದೊಡನೆ ಸಂಯೋಗಿಸುವ (associated wave) ತರಂಗದ ವೇಗ ಹೀಗಾಗಿ ಕಣ-ತರಂಗಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಬಾಂಧವ್ಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಕಣದ

ಚಲನೆಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಾರ್ಗಗಳು ಇರುವ ಹಾಗೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮಗಳು. ಮತ್ತೊಂದು ತರಂಗ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವ ಡಿಬ್ರೋಲಿ–ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್‌ಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಪಾದಿತವಾಗಿರುವ ತರಂಗ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ.

ಬೆಳಕಿನ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಇದೇ ವಿಧವಾದ ಎರಡು ಭಿನ್ನ ಮಾರ್ಗಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಸಮನ್ವಯಗೊಳಿಸುವ ಏಕತತ್ತ್ವ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ 'ದ್ರವಕಣ' ವಾದವು ಉರುಳಿಹೋದರೂ, ಪ್ಲಾಂಕ್, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದಿರುವ 'ಶಕಲವಾದ'ದ ಪ್ರಕಾರ, ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು 'ಶಕ್ತಿಕಣ'ವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗಿ ಬಂದಿದೆ–ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ತರಂಗವಾದವು ಆವಶ್ಯಕವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಬೆಳಕು ತರಂಗದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಕಣ-ತರಂಗ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನವು ತರಂಗ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಫಲವಾಗಿದೆ.

ಈ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ದ್ರವ್ಯಗಳ ಸ್ವರೂಪಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ತಿಳಿದು ಬಂದಿರುವ ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದಂತಾಯಿತು.

ಅಧ್ಯಾಯ 3

ದ್ರವ್ಯಕಣ ಮತ್ತು ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು

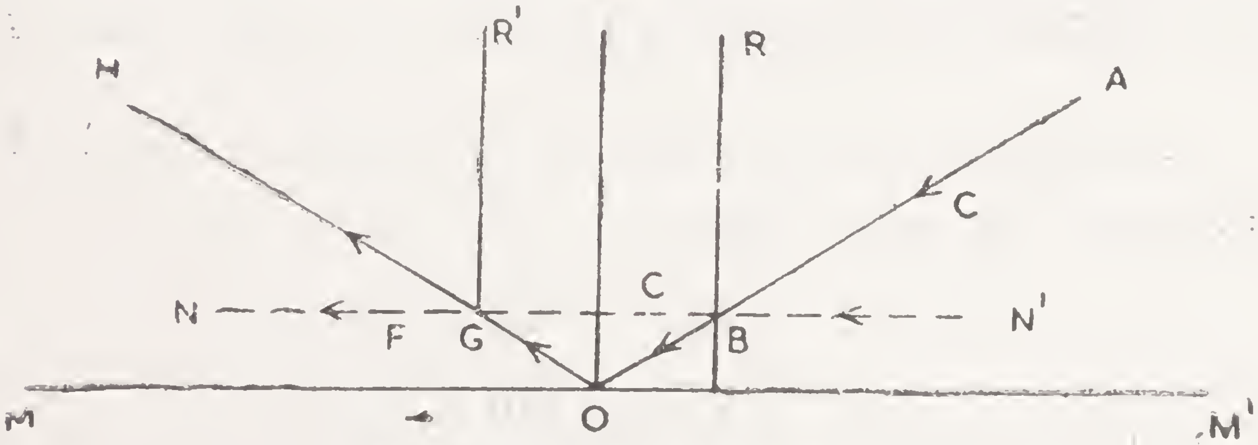
3·1 ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ದ್ರವ್ಯಕಣ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಮೊದಲನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ದ್ರವ್ಯಕಣ ವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಕು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ದ್ರವ್ಯಕಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸ ಬೇಕು. ಈ ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ತೂಕವಿಲ್ಲದೆ ಇದ್ದು ಅಪಾರವಾದ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ.

ಹೀಗೆ ಚಲಿಸುವಾಗ ಈ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಅವುಗಳೊಂದಿಗೆ ವಹನವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಸಮರೂಪದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಹೋಗುವಾಗ, ಅವುಗಳ ವೇಗವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಕ್ರರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಹೋಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ನೇರವಾಗಿ ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಸಾರವಾಗಬೇಕು. ಆದುದರಿಂದ ನೇರ ಪ್ರಸಾರವು ಸ್ವತಃ ಸಿದ್ಧವಾದ ಗುಣವಾಗಿರಬೇಕು.

ಈಗ ಈ ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳು ದರ್ಪಣಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಲು ಕಾರಣವನ್ನೂ ಆ ಪ್ರತಿಫಲನದ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನೂ ಸುಲಭ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಈ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಟ್ಟಿದೆ.

(i) ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರತಿಫಲನ



ಚಿತ್ರ 3.1 ದ್ರವ್ಯಕಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನ

MM[1] ಒಂದು ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಯಾಗಿದ್ದು ಅಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳು

ಅಪಾರವಾಗಿ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ ಬೇರೆ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸೋಣ.

AB ಎಂಬುದು, ಬೆಳಕಿನ ಕಣವು c ವೇಗದಿಂದ MM^1 ಮೇಲ್ಮೈಯ ಕಡೆ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ, ರೇಖೆ. ಇದರ ಆಪಾತಕೋನ ABR = i – ಈಗ ನ್ಯೂಟನ್ ಮಾಡಿದ ಮುಖ್ಯ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಕಣವು MM^1 ಗೆ ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಹೋಗುತ್ತ ಅದಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ, ಸ್ವಲ್ಪದೂರದಲ್ಲಿರುವ, NN^1 ಹತ್ತಿರ ಬರುವಾಗ ವೇಗದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತಿಳಿಯಲು c ವೇಗವು ದಿಕ್ ಪ್ರಮಾಣ ರೇಖೆ (Vector) ಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು NN^1ಗೆ ನೇರವಾಗಿಯೂ, ಅದರ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ, ವಿಭಾಗ ಮಾಡಿದರೆ, ಆ ಅಂಗಗಳು BC ಮತ್ತು BD ಗಳಾಗಬಹುದು. BD ಅಂಗವು ಅಧೋಮುಖವಾಗಿದ್ದು, ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ MM^1ಗೆ ಸಮೀಪಿಸುವಾಗ, ಅದರ ಪ್ರಮಾಣ ಕುಗ್ಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ. BC ಮಾತ್ರ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಕಣದ ಮಾರ್ಗವು ಸ್ವಲ್ಪ ಬಾಗಿ BO ಆಗುತ್ತದೆ. O ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ MM^1 ಸಮತಲದ ಸ್ಪರ್ಶವಾದಾಗ BD=O ಆಗಿ, ಆ ಸಮತಲದಿಂದ ಅಪಕರ್ಷಣ (repulsion) ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಅದರ ದಿಕ್ಕು ಊರ್ಧ್ವಮುಖವಾಗುತ್ತದೆ. BC ಮಾತ್ರ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣವಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಅಪಕರ್ಷಣದ ಫಲವಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಣವು ಮತ್ತೆ OE ನೇರದಲ್ಲಿ ತಿರುಗಿ NN^1 ಸಮತಲ (ಕಾಲ್ಪನಿಕ) ವನ್ನು ತಲಪುವಾಗ ವೇಗದ ಎರಡು ಅಂಗಗಳು EF ಮತ್ತು EG ಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ಇಲ್ಲಿ BC=EF

BD=EG ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇವೆರಡನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ ಕಣದ ವೇಗ (c) ದ ಮಾರ್ಗವು EH ಆಗುತ್ತದೆ, ಹೀಗಾಗಿ, AB ಆಪಾತರೇಖೆಯಾದರೆ, EH ಪ್ರತಿಫಲನ ರೇಖೆಯಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಇದು ನ್ಯೂಟನ್ ಭಾವಿಸಿದ ಪ್ರತಿಫಲನದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅರ್ಥ. ಈ ವಿವರಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ BC=EF ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

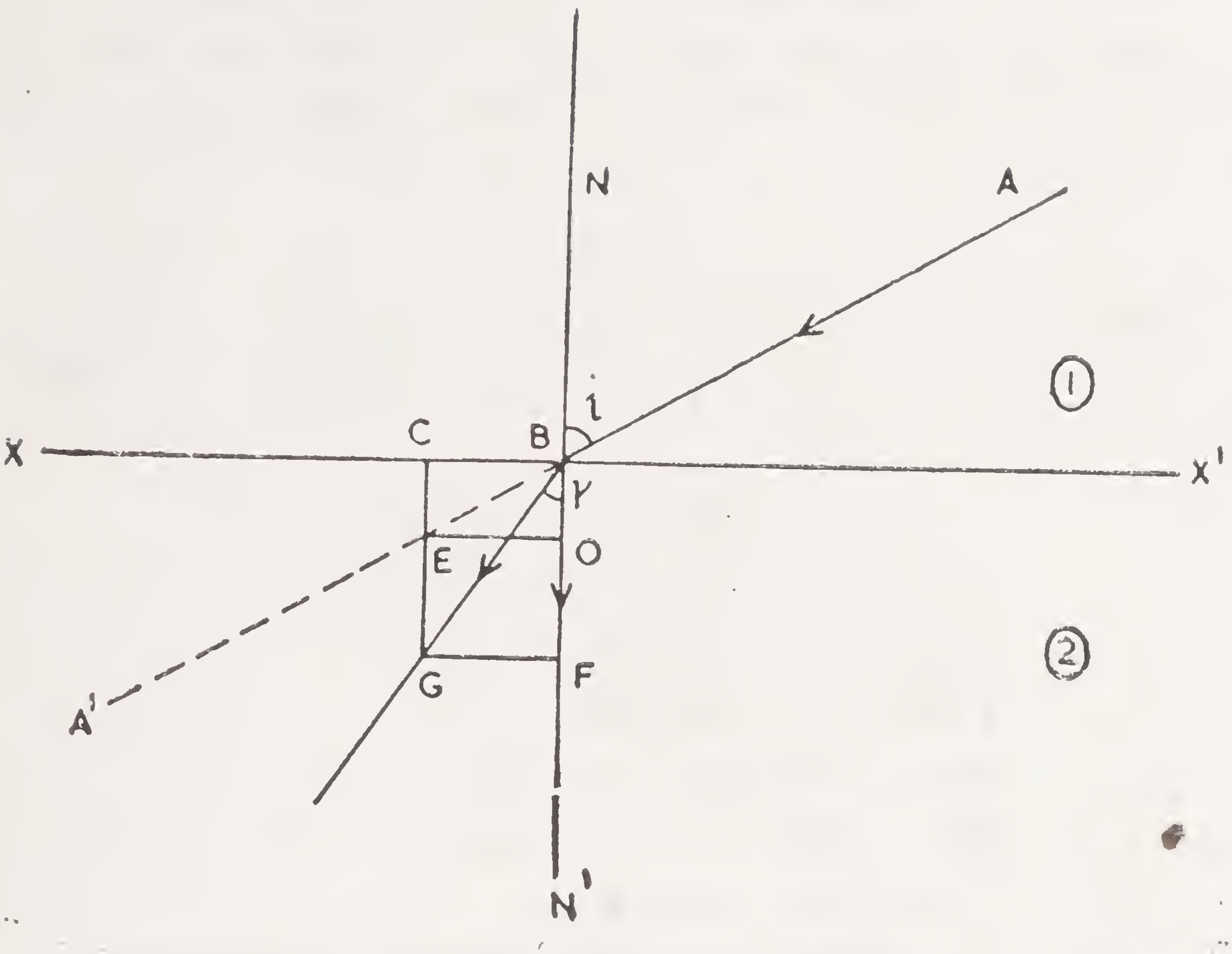
$$BC = c \sin i$$

$$EF = c \sin r$$

$$\therefore \because BC = EF ;\ i = r \qquad (3.1)$$

ಇದೇ ಪ್ರತಿಫಲನದ ನಿಯಮ.

(ii) ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೂಲಕ ರಶ್ಮಿ ಭಂಗ



ಚಿತ್ರ 3.2 ದ್ರವ್ಯಕಣಗಳ ರಶ್ಮಿಭಂಗ

ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ಕಣವು ಹೊಂದುವ ಅಪಕರ್ಷಣದ ಪರಿಣಾಮವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ ನ್ಯೂಟನ್ ಅದೇ ಸರಣಿಯನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಗಳೊಂದಿಗೆ ರಶ್ಮಿಭಂಗಕ್ಕೂ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟನು.

XX^1 ಎಂಬುದು (1) ಮತ್ತು (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳ ನಡುವಣ ಮೇಲ್ಮೈಯಾಗಿದ್ದು AB ನೇರದಲ್ಲಿ c_1 ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಣವು (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯೊಳಗೆ ಪ್ರವೇಶವಾಗುವಾಗ ಈ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ತನ್ನ ವೇಗದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ, c_2 ವೇಗದಿಂದ ಆ ಎರಡನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದರೆ, BG ಭಗ್ನರೇಖೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಪ್ರವೇಶ ಮಾಡುವ (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು (1) ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದೃಕ್ ಸಾಂದ್ರತೆ (Optical density) ಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ ಭಾವನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಆಕರ್ಷಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, (2) ನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಕಣವು AB ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ BA^1 ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದಿತು. $BE = c_1$ ಆದರೆ, ಇದರ ಎರಡು

ಅಂಗಗಳು BC ಮತ್ತು BD ಗಳಾಗುತ್ತವೆ. (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಪ್ರವೇಶದ ಫಲದಿಂದ, BC ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಇಲ್ಲದೆ, BD ಪ್ರಮಾಣವು ಆಕರ್ಷಣದಿಂದ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದಿ BF ಆಗುತ್ತದೆ, ಅಂದರೆ BC ಮತ್ತು BF ಅಂಗಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಅಂತಿಮ ನೇರವು BG ಆಗಿ, BG = c_2 = (2) ನೇ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಣದ ವೇಗವಾಗುತ್ತದೆ.

(1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿಯಾಗಿದ್ದು (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಜು ಅಥವಾ ನೀರು ಎಂದು ಎಣಿಸಿದರೆ, ಇದು ಗಾಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದೃಕ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧವಾದ ರಶ್ಮಿಭಂಗಕ್ಕೆ ಮೇಲಿನ ವಿವರಣೆಯು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ವಿವರಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ

$$BF = c_1$$
$$BG = c_2$$

$ABN = i$ = ಆಪಾತಕೋನ

$GBF = r$ = ಭಗ್ನಕೋನ

$$BB = BE \text{ Sin } i = c_1 \text{ Sin } i$$
$$BC = BG \text{ Sin } r = c_2 \text{ Sin } r$$
$$\therefore\ c_1 \text{ Sin } i = c_2 \text{ Sin } r$$

$\frac{c_2}{c_1} = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{\text{(2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಕಣದ ವೇಗ}}{\text{(1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಕಣದ ವೇಗ}}$

= ನಿಯತಾಂಕ (3.2)

$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = {}^1\mu_2$ = ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಸೂಚಕ ಸಂಖ್ಯೆ

ಅಂದರೆ ನ್ಯೂಟನ್ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ

${}^1\mu_2 = \frac{c_2}{c_1}$ ಆಗುತ್ತದೆ

ಅಂದರೆ, ದೃಕ್ ಸಾಂದ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಿರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಈಗ (1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿಯಾಗಿಯೂ, (2) ನೀರಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ ${}_1\mu_2 = \frac{4}{3}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, $\frac{c_2}{c_1} = \frac{4}{3}$

ಅಥವಾ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ವೇಗದ $1\frac{1}{3}$ ರಷ್ಟು ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟವು. ಫೂಕೋ (Foucault) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಾಡಿದ ಅತಿಸೂ [illegible] ಸಿಕ್ಕಿದ್ದ ಫಲತಾಂಶವೇನೆಂದರೆ, ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದು ಅದರ $\frac{3}{4}$ ರಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯದ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಹಲವಾರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದರು. ಅವುಗಳನ್ನು ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ನ್ಯೂಟನ್ ವಾದವು ಅಸಮರ್ಥವಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೂ, ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿಷ್ಕರ್ಷವಾದವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಈ ಸಂದಿಗ್ಧ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಫೂಕೋ ಪ್ರಯೋಗವು ಒಂದು ತೀರ್ಪನ್ನು ಕೊಟ್ಟಂತಾಯಿತು. ಈ ತೀರ್ಪು ನ್ಯೂಟನ್ ವಾದಕ್ಕೆ ನೇರ ವಿರೋಧವಾದ್ದರಿಂದ ಆ ವಾದವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕೈಬಿಡಬೇಕಾಯಿತು–ವಿಜ್ಞಾನದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಇದೇ ವಿಧವಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ಉಂಟಾದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯದ ಕಾರಣದಿಂದ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಉರುಳುವುದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವೇ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್ ಭಾವನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದ ಕಣವಾದವು ಸೋಲನ್ನು ಒಪ್ಪಿತು. ಒಂದೇ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ, ಬೆಳಕು ಕಣವು ಒಂದು ಮೂರ್ಛೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆಂದು ನ್ಯೂಟನ್ ತರ್ಕಮಾಡಿದ್ದನು. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ ನ್ಯೂಟನ್ ವಲಯಗಳೆಂಬ [Newton Rings] ತಾನೇ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ನ್ಯೂಟನ್ ತನ್ನ ಕಣವಾದವನ್ನು ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಣೆಕೊಟ್ಟನು. ಇವುಗಳೆಲ್ಲ ಅಸಮರ್ಪಕವಾಗಿದ್ದ ಕಾರಣದಿಂದಲೂ, ಫೂಕೋ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲದಿಂದಲೂ, ನ್ಯೂಟನ್ ಕಣವಾದವು ಒಂದು ಚಾರಿತ್ರಿಕ ಘಟನೆಯಾಗಿ ಉಳಿಯಿತು.

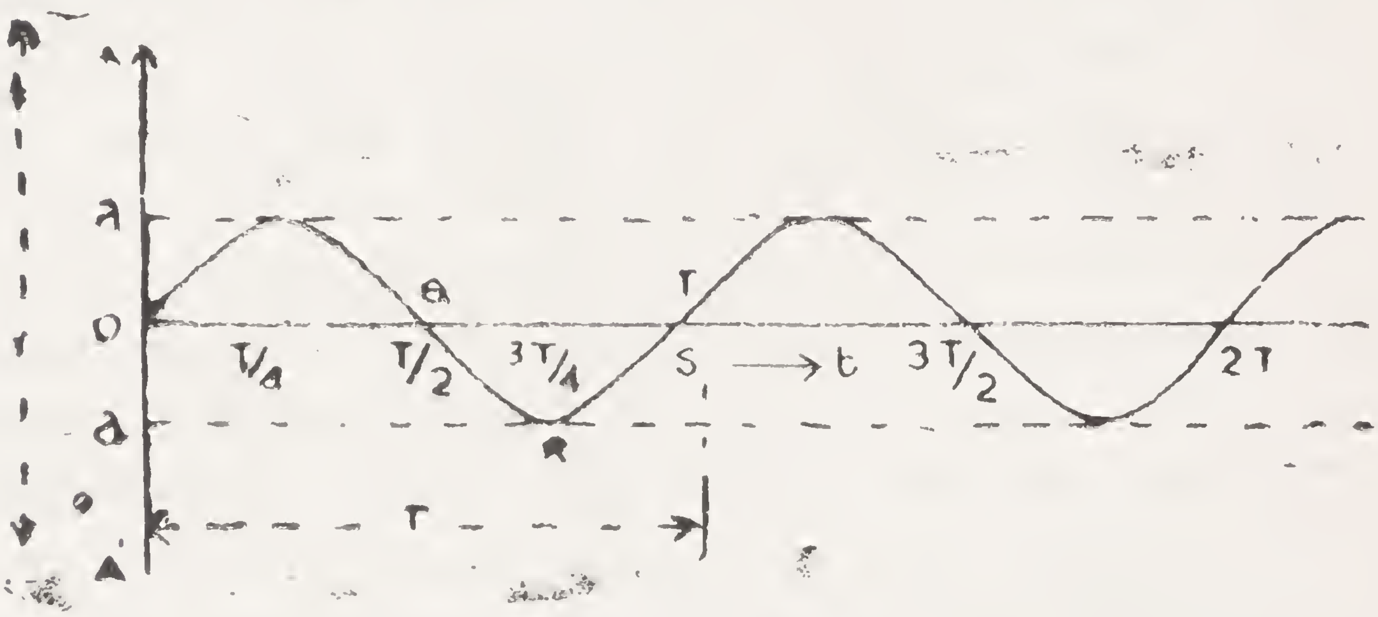
ಇದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ತರಂಗವಾದವು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ವೃದ್ಧಿಗೊಂಡಿತು. ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಬಹುದು.

3.2 ತರಂಗ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳು

ಬೆಳಕು ತರಂಗ ಪ್ರಸಾರದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ತರಂಗಗಳ ಚಲನೆಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ಅರಿಯಬೇಕು.

ತರಂಗ ಅಥವಾ ಅಲೆಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಯಾವು

ದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತು ಅಥವಾ ಸಂಸ್ಥೆಯು ಒಂದು ಕ್ರಮವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಪನಗಳನ್ನು [illegible] ಕಂಪನಗಳು ಆವರ್ತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸರಳ ಸಂಗತ ಚಲನೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ (Simple Harmonic Motion–S. H. M) [illegible]ವೆಂಬುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ಚಲನೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಮೂಲವಸ್ತುವು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿ ಒಂದು ಕೇಂದ್ರದ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಾನ ದೂರ ಇರುವ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಆಂದೋಳನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆ– ಈ ಆಂದೋಳನಗಳು ಚಿತ್ರ (3.3)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ AOA′ ನೇರದಲ್ಲಿ O ಎಂಬ ಬಿಂದುವನ್ನು



ಚಿತ್ರ 3.3 S.H.M. ಚಲನೆ

ಕೇಂದ್ರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ A, A′ ಬಿಂದುಗಳ ವರೆವಿಗೆ ಹೋಗಿ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಆರಂಭಿಸಿ A ತಲಪಿ, ಅಲ್ಲಿಂದ ವಾಪಸ್ ಬಂದು, O ಮೂಲಕ A′ ವರೆವಿಗೆ ಹೋಗಿ ಮತ್ತೆ O ಗೆ ಹಿಂತಿರುಗಿದರೆ ಒಂದು ಆವರ್ತವನ್ನು ಮುಗಿಸಿದಂತಾಗಿ ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಕಾಲದ ಅವಧಿಯನ್ನು ಆವರ್ತ ಕಾಲವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದ ಎರಡು ಮಿತಿಗಳು OA, OA′ ಆಗಿದ್ದು ಇದನ್ನು a ಎಂದು ಕರೆದರೆ, a = ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. T ಎಂಬುದು ಆವರ್ತ ಕಾಲವಾದರೆ, ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟದ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವ ರೀತಿಯನ್ನು $o \to a$, $a \to o$, $o \to -a$, $-a \to o$ ಎಂದು ನಾಲ್ಕು ಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಾಗ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಚಿತ್ರ ಭಾಗದ ಕಾಲಾವಧಿಯೂ $T/_4$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಒಂದು ರೇಖಾ (graph) ದಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ಅದರ ರೂಪವು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ OPQRS ಆಗುತ್ತದೆ–ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ t (ಕಾಲ) ವನ್ನೂ ಇದರ ಲಂಬ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವನ್ನೂ (y) ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ರೂಪವನ್ನು ಸರಳ ಸಂಗತ ಆಕಾರವೆಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು.

ಇದನ್ನೇ ಸೂತ್ರರೂಪದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದರೆ

$y = a \sin 2\pi (t/T$ [illegible]

$a =$ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ ; $T =$ ಆವರ್ತಕಾಲ.

't' ಎಂಬ ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಪ್ರಮಾಣವು y.

$t = 0, y = 0$

$t = T/_4 \; y = a$

$t = T/_2 \; y = 0$

$t = 3T/_4 \; y = -a$

$t = T \; y = 0$ ಹೀಗೆಯೇ $t = 2T, 3T, \ldots\ldots$ ಆದರೆ, $y = 0$.

ಇದು ಒಂದು ಆವರ್ತ–ಇದೇ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಮೂಲಕಂಪನಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಸಾಗುತ್ತಲಿರುವುವೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಮಾದರಿಯ ಸಂಗತ ಚಲನೆಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅದರ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳು $a =$ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ, $T =$ ಆವರ್ತಕಾಲ.

1 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $= \frac{1}{T} = n$

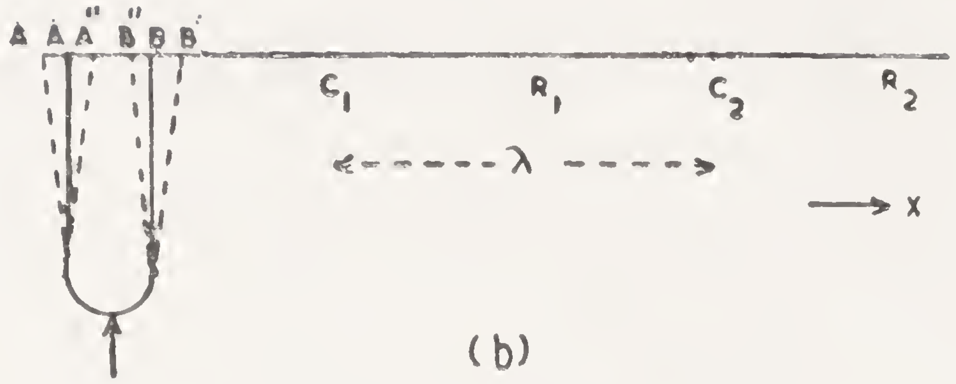
$n =$ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೆಂದೂ (Frequency) ಕರೆಯಬಹುದು.

ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮೂಲಕಂಪನಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿಸಾಗುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳನ್ನೇ ಒಂದು ಅಲೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಈ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವಿವಿಧ ಕಣಗಳು ಅತಿ ಸಾಂದ್ರತೆಯಿಂದ ಅಂಟಿಕೊಂಡು, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಪರಸ್ಪರ ಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾಪಕ ಬಲಗಳಿಂದ (elastic forces) ಬಂಧನವಿರಬೇಕು. ಈ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದ್ದರೆ, ಮೂಲಕಂಪನಗಳ ಮಾದರಿಯ ಆಂದೋಲನಗಳಿಂದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳೂ ಕಂಪನ ಮಾಡುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ಮೂಲಕಂಪನಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ವಿವಿಧ ಕಣಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿ ಅವುಗಳೂ ಕೂಡ ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳ ಮೂಲಕ ಅದೇ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯದಿಂದಲೂ ಅದೇ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದಲೂ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು. ಈ ಆಂದೋಲನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಒಂದು ಕಣದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ವರ್ಗಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಕಾಲಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳು ಕಂಪನ ಮಾಡಲು ಆರಂಭಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಹಬ್ಬುವಿಕೆಗೆ ಕಾಲ



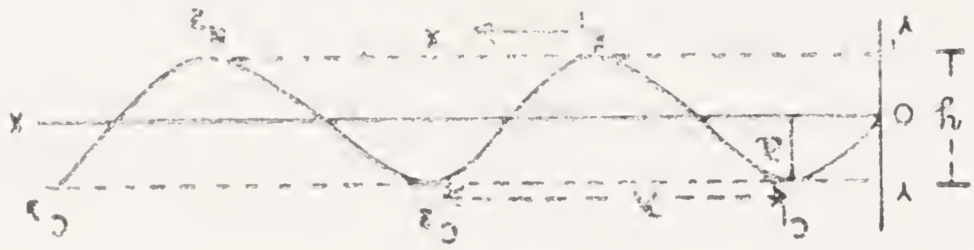
(a)



(b)

[b] ಉದ್ದ ಅಲೆಗಳು

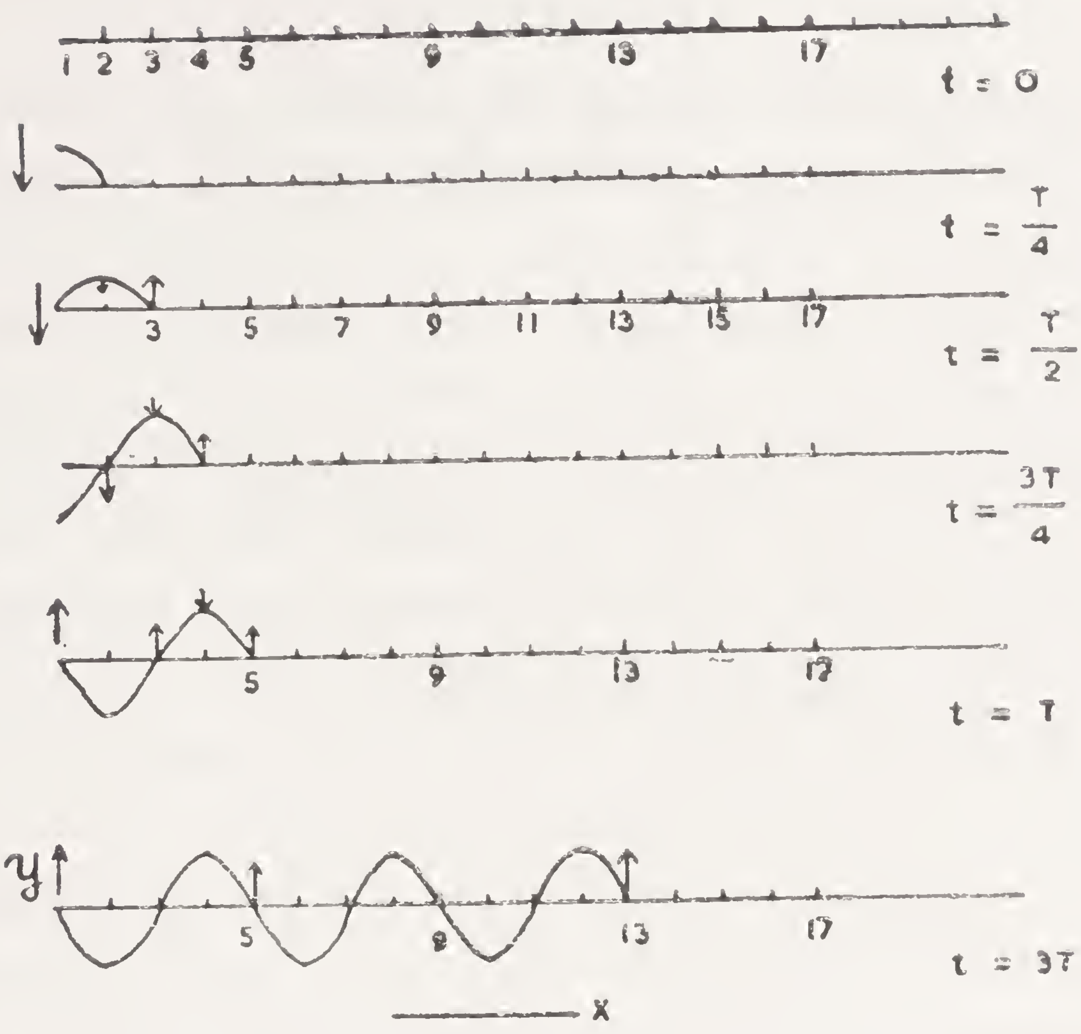
(c)



[c] ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳು

ತಗಲುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಸಾರವಾದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಚಿತ್ರ (3.4)ದ ಮೂಲಕ ವ್ಯುತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಬಹುದು.

ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳು, ಅಲೆಯು ಪ್ರಸಾರದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳ ಮೂಲಕ ಅಲುಗಾಡುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಈ ಅಲುಗಾಡುವ ನೇರವು ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರದ ಮಾರ್ಗದ ನೇರಕ್ಕೆ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬಹುದು. ಕಣಗಳ ಕಂಪನ ನೇರವು ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಇದ್ದರೆ, ಇದನ್ನು ಉದ್ದ ಅಲೆ (Longitudinal) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಹಾಗಿಲ್ಲದೆ, ಈ ಎರಡು ನೇರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅಡ್ಡ (Transverse) ಅಲೆಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರ 3.4 (a) ವು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ಸಾಲಾಗಿ ಒಂದು ನೇರದಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವುದನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಉದ್ದ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾದಾಗ ಸ್ಥಾನಭೇದಗಳು ಉಂಟಾಗಿ ಅವುಗಳ ಜೋಡಣೆಗಳ ಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಧ್ವನಿ ಅಥವಾ ಶಬ್ದದ ಅಲೆಗಳು ಈ ರೀತಿಯ ಈ ಉದ್ದ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದೆ. ಚಿತ್ರ 3.4 (b) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ T ಎಂಬ ಶ್ರುತಿ ಕವೆ (Tuning fork) ಯು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದ ಎಡಕ್ಕೂ



(d)

[d] ಚಿತ್ರ 3.4 ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ ಕ್ರಮ

ಬಲಕ್ಕೂ ಅಲುಗಾಡುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆ. AB ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಅಲಗುಗಳ ಕಂಪನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ದೂರಕ್ಕೂ ಸಮೀಪಕ್ಕೂ ಕಂಪನ ಮಾಡುವಾಗ A′B″, A″B″ ಗಳ ನಡುವೆ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆ. B ಅಲಗು B″ಗೆ ಹೋಗುವಾಗ ಅದ ರೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಸರಿ ಯುತ್ತವೆ ಮತ್ತು B′ ನಿಂದ B″ ಗೆ ಹಿಂತಿರುಗುವಾಗ ಬಲದಿಂದ ಎಡಕ್ಕೆ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಈ ಪಲ್ಲಟಗಳು ಕ್ರಮೇಣ ಬಲಗಡೆಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳಿಗೂ ಹರಡುತ್ತವೆ. ಶ್ರುತಿ ಕವೆಯು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳ ಜೋಡಣೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಥಿಮಿತ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 3.4 (b) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದಿಂದ ಗುಂಪು ಕಟ್ಟುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು c_1, c_2, c_3 – ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುತ್ತದೆ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಕೋಚ್ಯತೆ (Compression) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ ಇವುಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ R_1, R_2 – ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ದೂರ ದೂರ ಇದ್ದು ಇವುಗಳನ್ನು

ವಿರಳತೆ (Rarefactions) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. $c_1c_2 = c_2c_3 = \dots\dots\dots = \lambda =$ ತರಂಗಾಂತರ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಪ್ರಕೃತದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರವು ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿರುವುದರಿಂದ ಇದರ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ (c), (d) ಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಸಾರದ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣವೇನೆಂದರೆ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ಕಂಪನ ಮಾಡುವ ನೇರವು ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರವು ox ಆದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ oy ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಕಂಪನ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ಅಲೆಗಳ ರೂಪವು (c) ನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಶೃಂಗ (crest) ಗಳನ್ನೂ ತಗ್ಗುಗಳನ್ನೂ (trough) ಹೊಂದಿ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಒಂದು ಕ್ರಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ರೂಪವು ಸರಳ ಸಂಗತ ಚಲನೆಯ ರೂಪವನ್ನು ಹೋಲುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಸರಳ ಸಂಗತ ರೂಪ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ತೆರೆ (Ripples) ಗಳು ಈ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಹಗ್ಗದ ಒಂದು ತುದಿಯಿಂದ ಗೋಡೆಗೆ ಬಂಧಿಸಿ ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಕೈನಲ್ಲಿ ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಹಿಡಿದು ಆ ಹಗ್ಗದ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಥಟ್ಟನೆ ಒಂದು ಜಗಿತದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ (jerk) ಹಗ್ಗ ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಫುರಣವು ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ, ಅದರ ರೂಪವೇ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ನಾವು ಕೊಡುವ ಎಳೆತವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆವರ್ತದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಹಗ್ಗದ ರೂಪವು ಅಡ್ಡಅಲೆಗಳ ರೂಪವನ್ನು ತಾಳುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅಲೆಯು ಹಗ್ಗದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾದರೆ, ಅದರ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳು ಅದರ ಅಡ್ಡ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕು ಪ್ರಸಾರವಾಗಲೂ ಈ ವಿಧವಾದ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಊಹಿಸಬೇಕು.

ಚಿತ್ರ (d) ದಲ್ಲಿ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರ ಕ್ರಮವು ಒಂದು ಆವರ್ತಕಾಲದಲ್ಲಿ (T) ಹೇಗೆ ಸಾಗುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡಬಹುದು.

$t = o$ ಎಂದು ತೋರಿಸುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ 1 ಕಣವು ಕಂಪನ ಮಾಡಲು ಸಿದ್ಧವಾಗಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದರೆ, ಅಲೆಯು ತನ್ನ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು xo ನೇರದಲ್ಲಿ ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹರಡುವಾಗ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎಬ್ಬಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. $t = T/4$ ಆದರೆ, ಅಲೆಯು 2 ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬಂದು ಅಲ್ಲಿಯ ಕಣವನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎಬ್ಬಿಸುತ್ತದೆ. ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ 1 ಕಣವು ತನ್ನ ಊರ್ಧ್ವಮಿತಿಯನ್ನು (ಅಂದರೆ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ a ವನ್ನು) ಹೊಂದಿದ್ದು 1, 2ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಕಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹೋಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದರೆ,

1, 2 ಗಳ ನಡುವೆ ಇಳಿಮುಖದ ರೇಖೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸಮತಲ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ (ox) ಇರುತ್ತದೆ–ಇನ್ನು ಕಾಲಾವಧಿಯನ್ನು T/4 ಮೂಲಕ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, t= T/2 ವೇಳೆಗೆ 1 ಕಣವು ತನ್ನ ಸ್ವಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂಧಿ ಅಧೋಮುಖವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತಿದೆ. 2 ಕಣವು ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿದ್ದು, 3 ಕಣವು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏಳುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದೆ. ಈಗ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದರೆ ಅದರ ರೂಪವು 1,3 ರ ನಡುವೆ ಒಂದು ಶೃಂಗದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಅರ್ಧ ಅಲೆಯ ರೂಪ ದಲ್ಲಿದೆ. ಅಂದರೆ, t= o, ನಿಂದ t= T/2 ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅಲೆಯು 1 ರಿಂದ 3 ಕ್ಕೆ ಹಬ್ಬಿದಂತಾಯಿತು. ಮತ್ತೊಂದು T/4 ಅವಧಿಯ ನಂತರ, ಅಲೆಯು 4 ರ ವರೆಗೆ ಹರಡಿ, 1 ಕಣವು ಅಧೋಮಿತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಅಲೆಯು ಇನ್ನಷ್ಟು ಹರಡಿರು ವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ t= T ಆದರೆ, 1 ಕಣವು ತನ್ನ ಸ್ವಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಬಂದು ಒಂದು ಆಂದೋಲನವನ್ನು ಪೂರ್ತಿ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಅಲೆಯು 5 ಕಣದ ವರೆವಿಗೂ ಹರಡಿರುತ್ತದೆ. ಅಲೆಯ ರೂಪವು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಅಲೆಯನ್ನು ತೋರಿ ಸುತ್ತದೆ.

T ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ 1 ಕಣವು ಒಂದು ಆವರ್ತವನ್ನು ಮುಗಿಸಿ, ಎರಡನೆಯ ದನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವುದರಲ್ಲಿದೆ. 5 ಕಣವು ಈಗ ತಾನೆ ತನ್ನ ಮೊದಲನೆಯ ಆವರ್ತ ವನ್ನು ಆರಂಭಿಸಿ ಊರ್ಧ್ವಮುಖವಾಗಿ ಹೊರಡುವುದರಲ್ಲಿದೆ. ಉಳಿದ ಕಣಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. 5 ಕಣವೂ 1 ಕಣವೂ ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ರುತ್ತವೆಂದು (phase) ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಎರಡು ಕಣಗಳೂ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಚಲನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. 5 ಕಣವು 1 ಕಣಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಆವರ್ತ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿರುವುದ ರಿಂದ ಅದನ್ನು 1 ಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಪೂರ್ತ ಆವರ್ತ ಹಿಂದಿನ ನೆಲೆ (Behind phase) ಯೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಒಂದೊಂದು ಕಣವೂ ತನ್ನ ಸ್ವಸ್ಥಾನದಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಒಂದೇ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ (a) ವನ್ನೂ ಒಂದೇ ಆವರ್ತ ಕಾಲದಲ್ಲಿ (T) ಯೂ ಕಂಪನ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಕಣವು T ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಆವರ್ತವನ್ನು ಮುಗಿಸಿದರೆ, ಅಲೆಯು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರ ಮುಂದೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. 1–5 ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನು ತರಂಗಾಂತರವೆಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ (λ),

ಅಂದರೆ T ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಅಲೆಯು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ದೂರ= λ

1.. $= \frac{\lambda}{T} = c$

ಇದನ್ನು ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

$\lambda = c\,T$ ಅಥವಾ

$$c = n\lambda \quad n = \frac{1}{T} \qquad (3.4)$$

$n=$ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ, $\lambda=$ ತರಂಗಾಂತರ $c=$ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರವೇಗ. ಇದು ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ಅಲೆಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗಿ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಸಮೀಕರಣ.

ಮೇಲಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಮೂಲ ಕಂಪನಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಸಾಗುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅಲೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ದೂರ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ ಹಲವಾರು ಅಲೆಗಳು ಹಬ್ಬಿರುತ್ತವೆ. $t= 3T$ ಆದರೆ, ಮೂರು ಅಲೆಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವುದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಇಡೀ ರೂಪವನ್ನು (c) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಕಾಣಬಹುದು.

ಈಗ ಈ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸುವುದು ಉಪಯುಕ್ತವಾದುದು.

ಮುನ್ನಡೆಯು ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳು

1. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳೂ ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ಆವರ್ತ ಚಲನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವೂ, ಆವರ್ತ ಕಾಲವೂ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳಿಗೂ ಸಮನಾಗಿರುವುವು.

2. ಅಲೆಯು ಮುನ್ನಡೆಯುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳ ನೆಲೆಗಳು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ.

3. ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳ ಮೂಲಕ ರಚಿಸಿದ ರೇಖೆಗಳು ಬಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ರೂಪವು ಒಂದು ಸಂಗತ ಚಲನ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸಾಗುತ್ತದೆ.

4. ಕಣಗಳ ಚಲನದ ನೇರವು ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

5. ಅಂತಿಮ ಅಲೆಯ ಆಕಾರದಲ್ಲಿ ಶೃಂಗ-ತಗ್ಗುಗಳು ಪರ್ಯಾಯರೂಪದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಶೃಂಗಕ್ಕೂ ಮುಂದಿನ ಶೃಂಗಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅಂತರವು ತರಂಗಾಂತರ (λ) ವೆನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

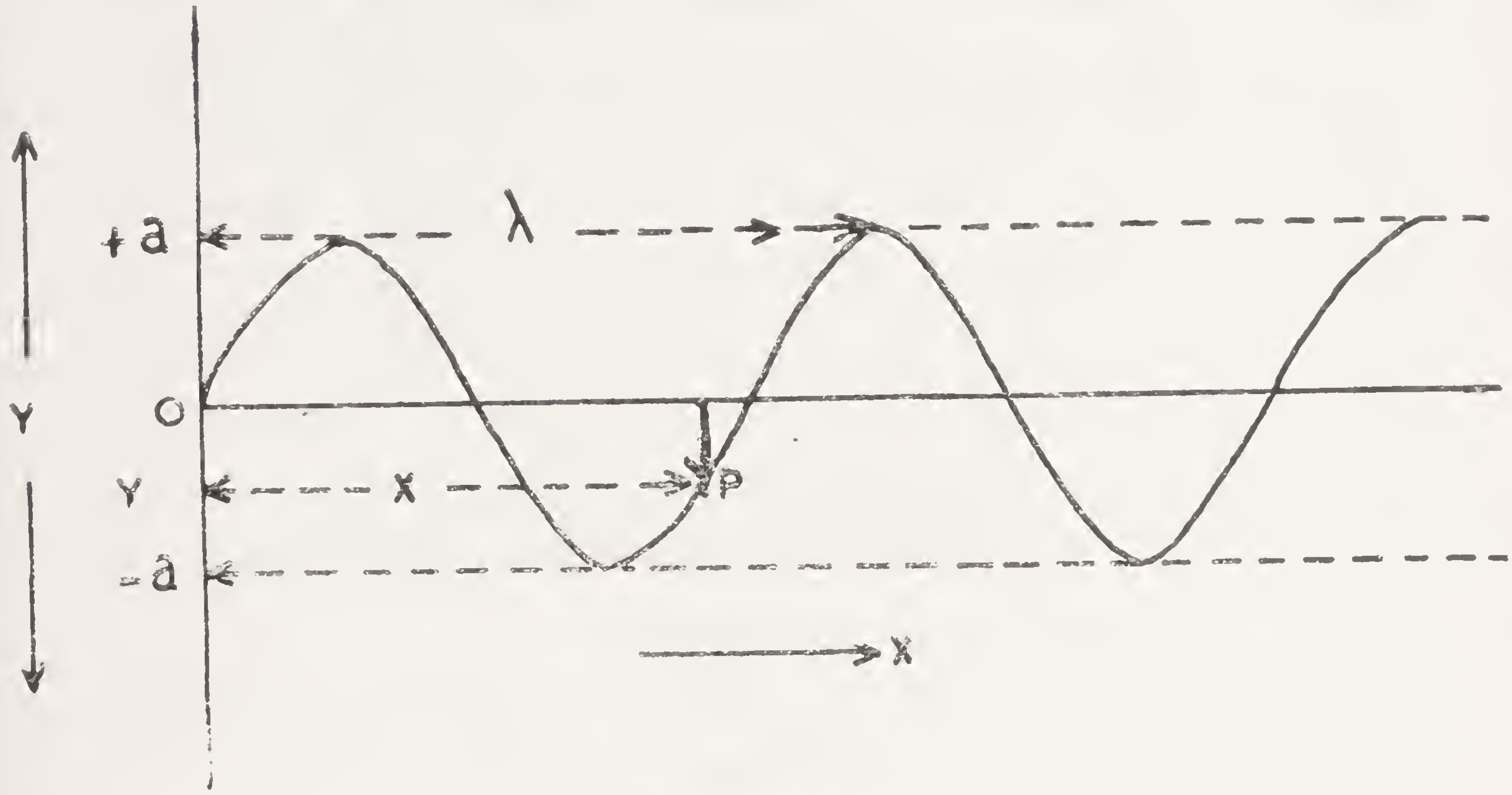
6. ತರಂಗಾಂತರದಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಕಣಗಳ ಸ್ಪಂದನಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ.

7. ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರದ ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣ

$$c = n\lambda$$

3.3 ಸರಳ ಸಂಗತ ಅಲೆಯ ಸಮೀಕರಣ

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಸೈನ್ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ (sine) ಅಲೆಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 3.5 ಸರಳ ಸಂಗತ ಅಲೆಯ ರೂಪ

ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದು ಅಲೆಯ ಸಾಮಾನ್ಯ ರೂಪ. ಈ ರೂಪದ ಆಕಾರವು ಬದಲಾಯಿಸದೇ ಹೋದರೂ ಅದೇ ox ನೇರದಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿದೆ ಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು.

O ಎಂಬ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನು ಕೇಂದ್ರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ox ನೇರದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಅಲ್ಲಿಂದ ಇರುವ ದೂರದಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. P ಎಂಬುದು ಆ ಕಣದ ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಸ್ಥಾನವಾದರೆ PM ಎಂಬುದು ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುವ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು PM=y ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಯಾವ ಕಣಕ್ಕೆ ಆಗಲಿ, y ಪ್ರಮಾಣವು +a ಇಂದ —a ವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಇರಬಹುದು.

ಆದುದರಿಂದ, ನಾವು ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ರೂಪಿಸುವಾಗ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ವೇಳೆಯಲ್ಲಿ (ಇದನ್ನು t ಎಂದು ಗುರುತಿಸಬಹುದು) x ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವ ಕಣದ ವಾಸ್ತವ್ಯ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ y ಪ್ರಮಾಣವೇನು ಎಂಬುದನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಅಂದರೆ, x, t ಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಳ್ಳ y ಯ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ತೋರಿಸು

ವಂತಿರಬೇಕು. ಇವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವಾಗ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಆವರ್ತತೆ (Periodicity) ಯನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವ (ಅಂದರೆ x ಬದಲಾಯಿಸದೆ ಇರುವಾಗ) ಕಣವು ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ 'a' ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯದಿಂದ T ಆವರ್ತಕಾಲದ ಆಂದೋಲನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸಮೀಕರಣವು $y=a \sin 2\pi t/T$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇವನ್ನು ಆಗಲೇ ವಿಶದ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಆವರ್ತತೆ (Periodicity in time) ಹಾಗೆಯೇ ಒಂದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ t ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (3.5) ತೋರಿಸಿರುವ ಅಲೆಯು ರೂಪವಿರುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಕೂಡ ಒಂದು ಸೈನ್ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು, O,A,B,...... ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ 'y' ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಅವುಗಳ ಕಂಪನ ನೆಲೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು $OA=AB=BC=......=\lambda$, ಇದನ್ನು ಬಾಹ್ಯ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಆವರ್ತತೆ (periodicity in space) ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು, ಇದನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲು

$$y=a \sin 2\pi \frac{x}{\lambda} \quad (3.5)$$

ಬರೆಯಬಹುದು.

ಮೂರನೆಯದಾಗಿ, ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ ಕ್ರಮವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ,

$OA=\lambda$ ಆದರೆ, A ನಲ್ಲಿರುವ ಕಣವು O ನಲ್ಲಿರುವ ಕಣಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಆವರ್ತ T ಹಿಂದಿನ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೋನರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದರೆ, ನೆಲೆಯು 2π ಹಿಂದಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ $OA=\lambda$ ಇದ್ದು ನಾವು x ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು o ಇಂದ λಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ ಅಂದರೆ ಅದು (λ) ಆಗಿ, ನೆಲೆಯು 2π ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುತ್ತದೆ.

P ಎಂಬ ಕಣದ ದೂರವು x ಆದರೆ, $(OM=x)$ O ಕಣಕ್ಕೂ P ಕಣಕ್ಕೂ ಇರುವ ನೆಲೆಯ ಕೋನದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ $= \frac{2\pi x}{\lambda}$ [$x=\lambda$ ಅಂದರೆ, ಇದು 2π ಆಗುವುದು.

ಆದುದರಿಂದ O ಕಣದ ಚಲನ ಸಮೀಕರಣವೂ $y_0=a \sin 2\pi \frac{t}{T}$ ಆದರೆ, P ಕಣದ ಚಲನ ಸಮೀಕರವು

$$\begin{aligned} y_p &= a \sin \left(2\pi\frac{t}{T} - 2\pi\frac{x}{\lambda}\right) \\ &= a \sin 2\pi\left(t/T - \frac{x}{\lambda}\right) \quad (3.6) \\ &= y \end{aligned}$$

ಎನ್ನಬಹುದು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಿದ ಸಮೀಕರಣವೇ ಅಲೆಯ ಸಮೀಕರಣವಾಗುವುದು

$$y = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

ಇದರಲ್ಲಿ x ಮತ್ತು t ಗಳ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ y ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಇತರ ರೂಪಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

$$c = n\lambda = \frac{\lambda}{T},$$

$$\therefore \; y = \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(ct - x\right) = 2\pi n\left(t - \frac{x}{c}\right) \quad (3.7)$$

ಇದರಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗ 'c' ಅಡಕವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ರೂಪ.

3.4 ತರಂಗ ಚಲನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಚಲನಕಲನ ಸಮೀಕರಣ

ಈಗ ರೂಪಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದನ್ನು ಚಲನಕಲನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಸಮೀಕರಣವು ಬರುತ್ತದೆ.

y ಎಂಬುದು x ಮತ್ತು t ಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಪಾರ್ಶ್ವ ಚಲನಕಲನ ಮಾಡಿದರೆ, (partial differentiation) ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ $\frac{\partial y}{\partial x}$, $\frac{\partial y}{\partial t}$ ಗಳು ಬರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿ, $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$ ಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$y = a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(ct - x) \quad (3.7)$$

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{2\pi c}{\lambda} a \cos \frac{2\pi}{\lambda}(ct - x)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -\frac{4\pi^2}{\lambda^2} c^2 a \sin \frac{2\pi}{\lambda}\left(ct - x\right)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{2\pi}{\lambda} a \cos \frac{2\pi}{\lambda}(ct - x)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{4\pi^2}{\lambda^2} a \sin \frac{2\pi}{\lambda}(ct - x)$$

$$\therefore \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \qquad (3.8)$$

ಇದೇ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ರೂಪ–ಇದನ್ನು ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ಅಲೆಗಳಿಗೂ ಉಪ ಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಮೇಲೆ ರೂಢಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಸರಳವಾದ ಅಲೆಯನ್ನು ಸೂಚಿ ಸಿದ್ದರೂ. ಇದೇ ರೂಪವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬರೆದರೆ

$y = f(ct - x)$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನೂ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೂ

$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ ರೂಪವೇ ಬರುತ್ತದೆ

ಹೀಗಾಗಿ, ಯಾವುದೇ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪವು

$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = K. \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ ಆಗಿದ್ದರೂ, (3.9)

ಇದು ಒಂದು ಅಲೆಗಳ ಚಲನೆಯನ್ನು ಸಿದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆಂದೂ ಅಲೆಗಳ ವೇಗವು $c = \sqrt{K}$ ಎಂದೂ ನಿಶ್ಚಯ ಮಾಡಬಹುದು ಯಾವುದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಪನಗಳು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಿದರೂ ಅವುಗಳು ಅಲೆಗಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾದರೆ, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ಪ್ರಸಾರವೇಗವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುಬಹುದು.

ಧ್ವನಿಯ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ

$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{E}{\varrho} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ರೂಢಿಸಬಹದು.

ಇದನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ,

$$c^2 = \frac{E}{\varrho} \text{ ಅಥವಾ } c = \sqrt{\frac{E}{\varrho}} \qquad (3.10)$$

ಇದನ್ನು ಅಸಿಲ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, E = ಗಾತ್ರದ ಸ್ಥಿತಿ ಸ್ಥಾಪಕಾಂಕ (Bulk modulus of elasticity) ಮತ್ತು ϱ = ಸಾಂದ್ರತೆ c = ಧ್ವನಿಯ ಪ್ರಸಾರವೇಗ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತಿಯ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಬಲಗಳ ಆಂದೋಲನಗಳಿಂದ ಒಂದು ಅಲೆಯು ಹರಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ವೇಗ u ಆದರೆ

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu k}} \text{ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ} \quad (3.11)$$

ತಿಳಿಸಿರುವ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿದ್ದು ವು. ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಣಗಳನ್ನೂ (ನಾವು) ಪ್ರೇಲ್ಲಿ ಮತ್ತು k ಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. c= ಸ್ಥಾಯೀವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಮಾನಕ್ಕೂ ಕಾಂತೀಯವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಮಾನಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತದೆ. μ= ಕಾಂತೀಯ ವ್ಯಾಪ್ಯತೆಯ ಅಂಶ (Magnetic permeability) k= ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಅಂಶ (dielectric constant)

ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ (ether) $\mu = 1$ $k = 1$ ಆಗಿ

$v = c$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ $c = 2.98 \times 10^{10}$ ಸೆಂ.ಮೀ. 1 ಸೆಕೆಂಡ್ ಅಂದರೆ ಇದು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವೇ ಆದಂತಾಯಿತು.

ಆದುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ಅವುಗಳ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು ಎಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕನ್ನೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಲು ಆಧಾರ ದೊರಕಿದಂತಾಯಿತು.

ಹೀಗಾಗಿ ಈ ಸಮೀಕರಣದ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ಉಪಯೋಗ ಕಂಡಂತಾಗುತ್ತದೆ.

3.5 ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗವಾದ

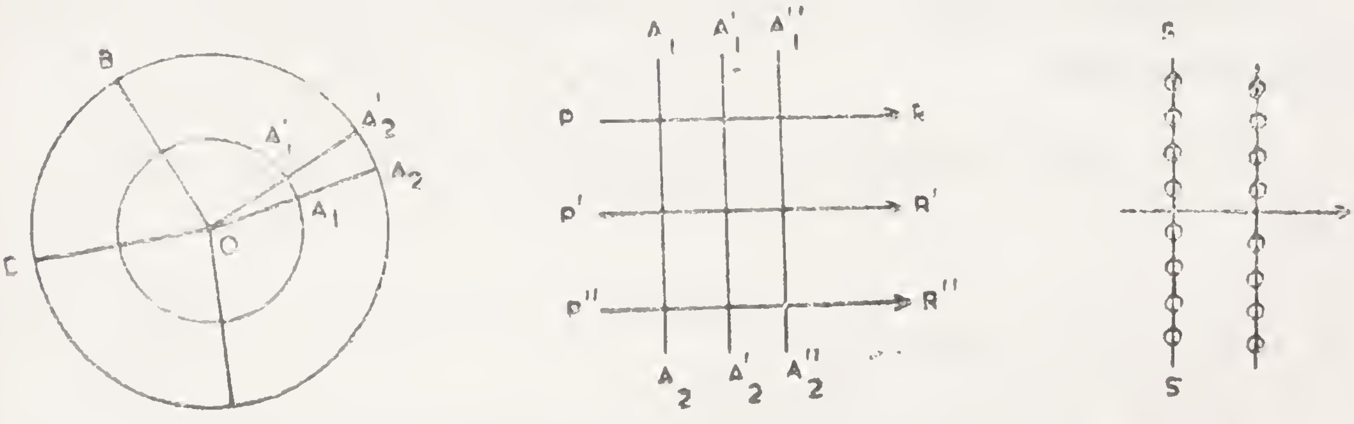
ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕಣವಾದವು ಬಿದ್ದು ಹೋದಮೇಲೆ, ಬೇರೆ ಒಂದು ವಾದದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು. ಈ ಆವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ತರಂಗವಾದವು ಉದ್ಭವವಾಗಿ ಅದರಿಂದ ಹಲವಾರು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕಾಣಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. 18 ಮತ್ತು 19ನೆಯ ಶತಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಈ ವಾದವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಬೇರೂರಿತು.

ನ್ಯೂಟನ್‌ಗೆ ಸಮಕಾಲೀನನಾದ ಕ್ರಿಶ್ಚಿಯನ್ ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ (Christian Huyghens) ಎಂಬ ಡಚ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ರಿ.ಶ. 1678ರಲ್ಲಿ ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿ, 1690ರಲ್ಲಿ ಅದರ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನೇ ಪ್ರಚುರಪಡಿಸಿದನು. ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿವರಣೆಯು

ದೊರೆತರೂ, ನೇರ ಪ್ರಸಾರದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಒಂದು ತೊಡಕಾಗಿದ್ದಿತು. ಇದನ್ನು ಕೂಡ ತರಂಗವಾದದಿಂದಲೇ ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ಬಗೆ ಬರಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಫ್ರೆನಲ್ (Fresnel) ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಸಿಕ್ಕಿತು. ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಈಗ ವಿಶದಪಡಿಸಬೇಕಾಗಿವೆ.

ಇದುವರೆವಿಗೂ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಾಲಾಗಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುವ ಕಣಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಗಳದ್ದು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವಾಗ, ನಾವು ಈ ಅಲೆಗಳು ಬಾಹ್ಯ ಆವರಣದಲ್ಲಿ (space) ಆವರಿಸಿರುವ ಮಧ್ಯಮವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣ (three dimensions) ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹರಡುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

O ಎಂಬ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಮೂಲವಸ್ತು ಅಥವಾ ಕಣವು ಕಂಪನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಅಲೆಗಳು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹರಡುತ್ತವೆ. ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಏಕ ರೂಪದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗವು ಎಲ್ಲ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ O ಬಿಂದುವನ್ನು ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟು ಒಂದು ಗೋಳಾಕೃತಿ (sphere)ಯನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯಿನ ಎಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳೂ O ನಿಂದ ಒಂದೇ ದೂರದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ಅಲೆಯು ಆ ಎಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ



(a) (b)

ಚಿತ್ರ 2.3

ಕಾಲದಲ್ಲಿ ತಲುಪುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿನಲ್ಲಿನ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯ ಸ್ಪಂದನವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅದನ್ನು ಒಂದು ಅಲೆಯ ಮುಖ (wave-front) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಅಲೆಯು ಪ್ರಸರಿಸಿದಂತೆಲ್ಲ ಈ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಮುನ್ನಡೆಯುತ್ತ ವಿಸ್ತರಿಸುತ್ತದೆ. OA_1A_1' ಮತ್ತು OA_2A_2' (ಚಿತ್ರ 3.6) ಗಳು ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಮುಖಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು OA_1, OA_2ಗಳು ಬಹಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು

ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ A_1A_1 ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗವು $A_2'A_2'$ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರದಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಆದರಿಂದ ಈ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿವೆ.

(i) ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಯಾವಾಗಲೂ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ.

(ii) ಈ ಅಲೆಯ ಮುಖದ ಚಲನದ ನೇರವು ಆ ಮುಖಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕು OA_1A_2....ಆಗಿದ್ದು, A_1A_1'ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಅಲೆಯ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಸರಿಸುವ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಕಿರಣವೆಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಸಾರದ ದಿಕ್ಕು ಅಲೆಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಏಕ ರೂಪದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ OA, OB, OC....ಗಳನ್ನು ಕಿರಣ (ಅಥವಾ ರಶ್ಮಿ) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಅಲೆಯ ಮುಖವೆಂದರೆ, ಒಂದೇ ಕಂಪನದ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರತಕ್ಕ ಬಿಂದುಗಳ ಮೂಲಕ ರಚಿಸಿರುವ ಬಿಂದು ರೇಖೆ (locus) ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಶಕ್ತಿಯು ಇದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಕಿರಣಗಳ ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆ. ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ (spherical) ಶಕ್ತಿಯು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಾನವಾಗಿ ಹರಡುವುದರಿಂದ, ಕೇಂದ್ರ O ನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಶಕ್ತಿಯು E ಆದರೆ ಅಲ್ಲಿಂದ ದೂರ ದೂರ ಹೋದಂತೆಲ್ಲ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಯಾವುದಾದರೂ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು r ಆದರೆ, ಅದರ ಒಂದು ಚದುರ ಸೆಂ. ಮೀ. ಮೂಲಕ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹರಡಿರುವ ಶಕ್ತಿಯು $\frac{E}{4\pi r^2}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. r ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಇದು ಕಡಿಮೆಯಾಗಬೇಕು. ಕಣದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು a ಆದರೆ, ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು a^2 ನಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ,

$$a^2 \propto \frac{1}{r^2} \text{ ಅಥವಾ } a \propto \frac{1}{r} \text{ ಆಗಬೇಕು.}$$

$$\text{ಅಥವಾ } a = \frac{C}{r} \quad (C = \text{ನಿಯತಾಂಕ}) \tag{3.13}$$

ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ರೂಪದ (ಗೋಳ) ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರದ ಸಮೀಕರಣವು (ಸಮೀಕರಣ 3.6 ರ ಪ್ರಕಾರ),

$$Y = \frac{C}{r} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda} \right) \tag{3.14}$$

ಈಗ, ಈ ರೀತಿಯ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತ ಹೋದಾಗ, O ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ (C/r) ಅಷ್ಟಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಸಮತಲದಂತೆ ವರ್ತಿಸು [illegible] ಕಾಣಬಹುದು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ (3.6) A_1A_2, $A_1'A_2'$, $A_1''A_2''$ಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಅಲೆಯ ಮುಖಗಳಾಗಿದ್ದು ಇವುಗಳಿಗೆ ಲಂಬದ ನೇರಗಳಾದ PR, P″R′, P″R″........ಗಳು ಕಿರಣಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ಅಂದರೆ, ಮೂಲಕಂಪನ ಕೇಂದ್ರವು ಅತಿ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅಲೆಮುಖಗಳನ್ನು ಸಮತಲ ಮುಖ (plane waves) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ದೂರವು ಅನಂತ (infinite) ವಾಗಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ನಾವು, ದರ್ಪಣ ಮತ್ತು ಮಸೂರಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡುವಾಗ ಸಾಮಾನ್ಯ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ದೂರವಾಗಿ ಕಾಣುವ ಅಂತರಗಳನ್ನೂ ಅನಂತವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೂ ತಪ್ಪಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮೂಲ ಕಂಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡುವ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಹಲವಾರು ಇಂಥ ಬಿಂದುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ನಿಡುಗಂಡಿ (Slit) ಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸ್ತಂಭಾಕೃತ ಅಲೆಯ ಮುಖಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ (Cylindrical wave-fronts) ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 3.6 (b) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇವುಗಳಿಗೆ SS^1 ಅಕ್ಷವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

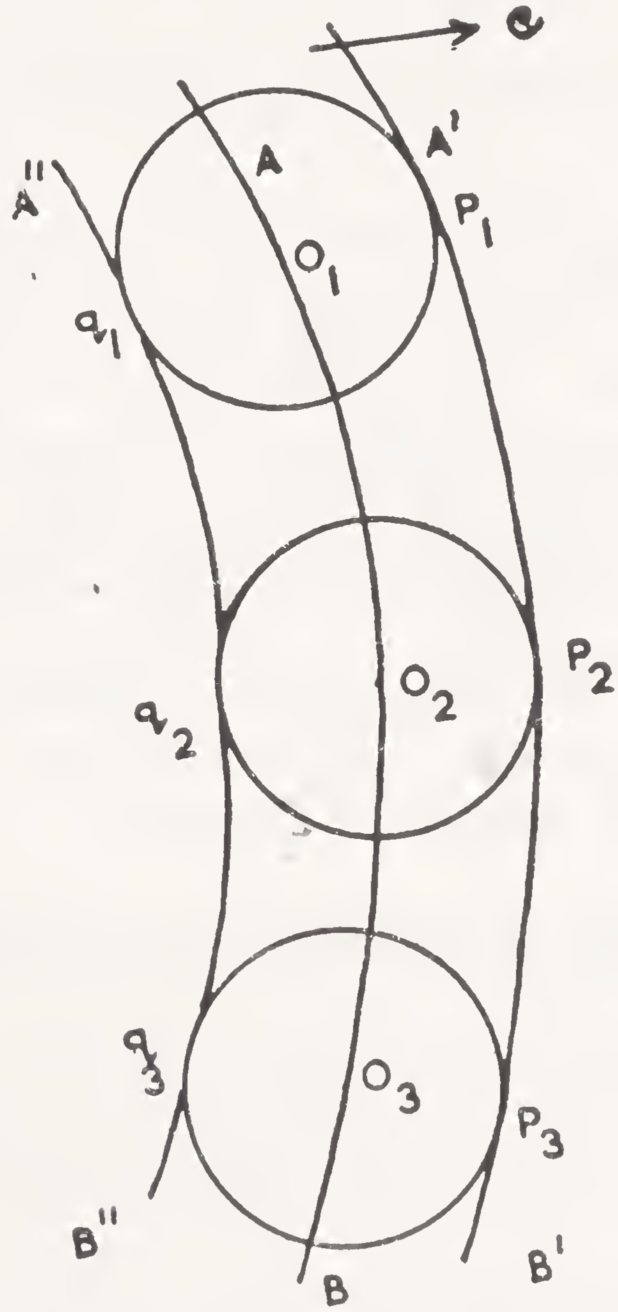
ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ಅವುಗಳ ಮೂರು ರೂಪಗಳಾದ 1) ಗೋಳಾಕೃತಿ, 2) ಸಮತಲ, 3) ಸ್ತಂಭಾಕೃತಿಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ತಿಳಿದಂತಾಯಿತು.

ಈಗ ಈ ತರಂಗರೂಪದ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣಗಳಾದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಬೇಕು. ಅದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಹಾಯ್‌ಜಿನ್ಸ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವವನ್ನು (Huyghen's Principle) ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯವಾದುದು.

ಅಲೆಗಳ ಚಿತ್ರ 3.7 ಎಡದಿಂದ ಬಲಕ್ಕೆ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ 'c' ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತಿವೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. AB ಎಂಬುದು ಒಂದು ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಅಲೆಯ ಮುಖವಾಗಿರಲಿ. ಹೀಗೆಯೇ ಅಲೆಯು ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ 't' ಕಾಲಾವಧಿಯ ನಂತರ, A^1B^1 ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈಗ AB ಯ ರೂಪದಿಂದ A^1B^1 ರೂಪದ ಅಲೆಯ ಮುಖವನ್ನು ರಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ರಚನೆಯ ವಿಧಾನವೇ ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ತತ್ತ್ವದ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶ.

3.6 ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ತತ್ತ್ವ

ಅಲೆಯ ಮುಖವು ABಯಾಗಿರುವಾಗ, ಅದರ ಮೇಲಿರುವ ವಿವಿಧ ಸ್ಥಾನಗಳ ಕಣಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಆಂದೋಳನ ಮಾಡುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಕಂಪನಗಳಿಂದ ಅದರ ಎರಡು ಕಡೆಯಲ್ಲಿರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳಿಗೆ ಕ್ರಮೇಣ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯವಾಗುವುದರಿಂದ, ABಯ ವಿವಿಧ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನೇ ಉಪಕೇಂದ್ರಗಳನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಿ (Secondary sources) ಅವುಗಳಿಂದ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು (Secondary wave-lets) ಆರಂಭವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ಈ ಬಿಂದುಗಳನ್ನೇ ಕೇಂದ್ರಗಳನ್ನಾಗಿ (O_1, O_2, O_3........)ಟ್ಟುಕೊಂಡು ವೃತ್ತಾಕಾರದ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯವು ct ಯಾಗಿರಲಿ. ಹೀಗೆ ನೂರಾರು ವರ್ತುಲಗಳು ಎಲ್ಲ ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹರಡುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಿರಿಯಲೆ



ಚಿತ್ರ 3.7 ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ತತ್ತ್ವ

ಗಳನ್ನೂ ಸ್ಪರ್ಶಕ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಆವರಿಸುವ (envelope) A′B′; A″B″ ರೇಖೆಗಳು

ರಚಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ A′B′ ABಯ ಬಲಗಡೆಯಲ್ಲಿ–ಅಂದರೆ, ಅಲೆಗಳು ಮುನ್ನಡೆಯುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ–ಇದ್ದರೆ, ಇದೇ 't' ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿರುವ ಅಲೆಯ ಮುಖ ವಾಗುತ್ತದೆ. A″B″ ಎಂಬುದೂ ಕೂಡ ಇದೇ ರೀತಿಯ ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಪರ್ಶಕ ರೇಖೆಯಾದರೂ, ಅದು ABಯ ಎಡಕ್ಕೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಅಲ್ಲಿ ಅಲೆಯ ಮುಖವು (Backwave) ಇರುವಂತಿಲ್ಲ.

ಈ ರಚನೆಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ಅಡಗಿವೆ.

i) ABಯ ಮೇಲಿನ ವಿವಿಧ ಕೇಂದ್ರಗಳಾದ O_1O_2 ಸುತ್ತ ರಚಿಸುವ ಕಿರಿಯ ವೃತ್ತಗಳ ಮೇಲಿರುವ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲಾ ಕಂಪನಗಳು ಪ್ರಸರಿಸಬೇಕಾದರೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯದಲ್ಲಿಡದೆ, ಅವುಗಳು A′B′ ಸ್ಪರ್ಶಕ ರೇಖೆಯನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುವ P_1,P_2,P_3 ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕವಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾಧಾನವನ್ನು ಫ್ರೆನಲ್ (Fresnel) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

ii) ಪೂರ್ಣವೃತ್ತವನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ. A′B′ ಅಲ್ಲದೆ, ಎಡಗಡೆ A″B″ ಕೂಡ ಸ್ಪರ್ಶಕ ರೇಖೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಅದನ್ನು ಅಲೆಯ ಮುಖವೆಂದು ಗಣಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಹಿಂದಿನ ಮುಖದ (Back wave) ಅಲೆಗೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲವೆಂಬ ತತ್ತ್ವ. ಇದರ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕಿರ್ಷಾಫ್ (Kirsehoff) ಗಣಿತ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಮೂಲಕ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ. ಇದು ಅತಿ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಈಗ ನಿರೂಪಿಸಲು ಸಮಯವಿಲ್ಲ.

ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಮಸೂರಗಳ ಮೂಲಕ ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾಗುವಾಗ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಮುಖ್ಯ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

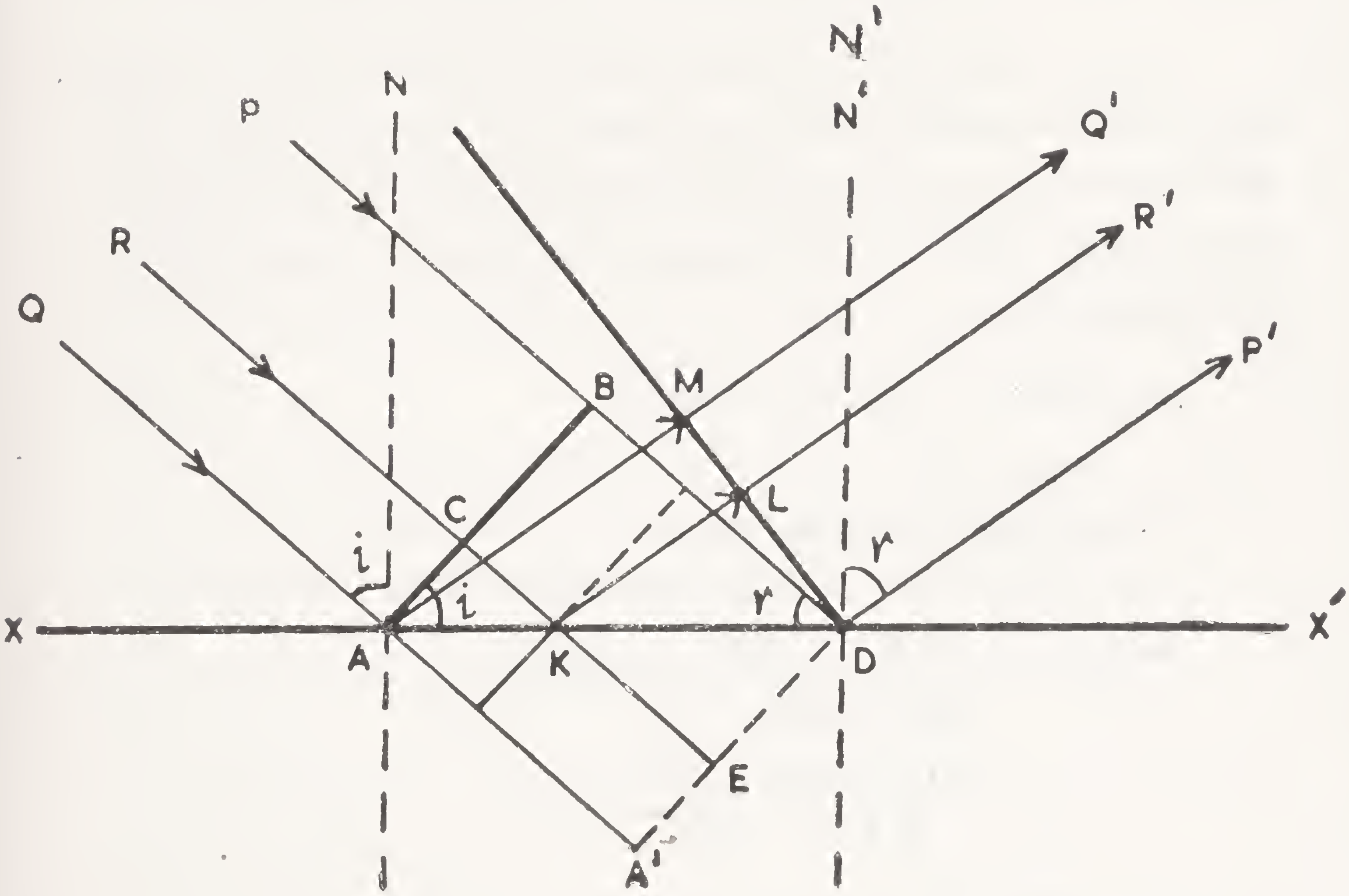
3.7 ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನ

ನಮ್ಮ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ, ಸಮತಲ ಅಲೆಮುಖಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ಅವುಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಸಮತಲ ಪ್ರತಿಫಲಕ ಮೇಲ್ಮೈಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಅಲೆಯ ಮುಖಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಾಡಾಗುತ್ತವೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

XX′ (ಚಿತ್ರ3.8) ಸಮತಲ (1) ಮತ್ತು (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುತ್ತದೆ. ಅದರ ಮೇಲೆ AB ಎಂಬ ಸಮತಲ ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಆಪಾತವಾಗಿರಲಿ. C ಎಂಬುದು A,Bಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಒಂದು ಬಿಂದುವಾದರೆ, PB, RC, QA

ರೇಖೆಗಳು ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಸಾರ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. AN ರೇಖೆಯು XX′ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, QAN = i = ಆಪಾತಕೋನವಾಗುತ್ತದೆ. ABಮತ್ತು QA ಗಳು ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ BAD = i ಆಗುತ್ತದೆ.

ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ AB ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಮುಂದಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ, A ಮತ್ತು Dಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಬಿಂದುಗಳೆಲ್ಲ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಉಪಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಿ ವರ್ತಿಸಿ, ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಅಲ್ಲಿಗೆ ಬಂದು ತಲುಪುತ್ತಲೆ ಅಲ್ಲಿಂದ ನಾವು ಕಿರಿಯಲೆಯ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕು. ಪ್ರತಿಫಲನದ ದೆಸೆಯಿಂದ ಈ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ (1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯೇ ರೂಪಿಸಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 3.8 (ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನ)

xx^1 ಪ್ರತಿಬಂಧಕವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, AB ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಮುನ್ನಡೆದು DA^1ಗೆ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, AB ಗಳ ನಡುವೆಯಿರುವ ಬಿಂದುಗಳು ಮುಂದುವರಿದು, AD ಗಳ ನಡುವೆ ಸಂಧಿಸಿದ ಮೇಲೆ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗದೆ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ವಾಪಸಾಗಬೇಕು. ಆದರೆ, K ಎಂಬುದು ಒಂದು ಮಧ್ಯ ಬಿಂದುವಾದರೆ, C ಯಿಂದ ಹೊರಟ ಅಲೆಯು K ಮುಟ್ಟಿದ ತತ್‌ಕ್ಷಣ, ಉಪಕೇಂದ್ರವಾಗಬೇಕು. A ಬಿಂದುವು ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತ ಮೊದಲು ಸಂಧಿಸುವುದರಿಂದ ಅಲ್ಲಿಂದ ಕಿರಿಯ ಅಲೆಯು ಮೊದಲು ಪ್ರಸಾರವಾಗಬೇಕು. B ಬಿಂದುವು Dಯಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವ ವೇಳೆಗೆ, A ನಿಂದ ಹೊರಟ

ಅಲೆಯು BD ದೂರವನ್ನು ಮತ್ತೆ (1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ತಲುಪಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, A ಬಿಂದುವು ಕೇಂದ್ರವಾಗಿದ್ದು ಅಲ್ಲಿಂದ BD ತ್ರಿಜ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವೃತ್ತವನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ D ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸ್ಪರ್ಶಕ ರೇಖೆಯಾದ DM ಎಂಬುದೇ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಅಲೆಯ ಮುಖವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, AD ನಡುವೆ ಇರುವ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳುಳ್ಳ ಕಿರಿವೃತ್ತಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ ಅವುಗಳೆಲ್ಲಕ್ಕೂ DM ಸ್ಪರ್ಶಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ C ನಿಂದ ಹೊರಟ ಅಲೆಯು K ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿದರೆ, ಅದನ್ನು ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವು KE ಆಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಇದನ್ನು DM ಸಂಧಿಸುವ ಪ್ರದೇಶವು L ಆದರೆ, KL=KE ಆಗಬೇಕು.

ಹೀಗಾಗಿ, AB ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, DM ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಅಲೆಯ ಮುಖವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, QA, RC, PB ಕಿರಣಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ AMQ^1, KLR^1, DP^1 ಗಳಾಗಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ. DN^1 ರೇಖೆಯು XX^1 ಗೆ ಲಂಬವಾದರೆ, $N^1DP^1 = r =$ ಪ್ರತಿಫಲನ ಕೋನವಾಗಬೇಕು.

ಈ ರಚನೆಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಸೂತ್ರವಾದ

$$i = r$$

ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

$\triangle^s$ BAD ಮತ್ತು AMD ಸರ್ವಸಮವಾಗಬೇಕು.

ಏಕೆಂದರೆ, $\angle DBA = 90^0 = \angle AMD$.

$AD = AD$.

$BD = AM$ (ರಚನೆ)

$\therefore \quad \angle BAD = MDA$

ie, $i = r$ (3.15)

ಈಗ, K ಎಂಬುದು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಮಧ್ಯಬಿಂದುವಾಗಿದ್ದು ಅದರಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವ ಕಿರಿಅಲೆಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು KL ಎಂದು ಸಾಧಿಸಬೇಕು.

ಅಂದರೆ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ KL=KE ಎಂದು ತೋರಿಸಬೇಕು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ,

$BD = AA^1$

CE, BD, AA^1 ಗಳು ಸಮಾನಾಂತರ ರೇಖೆಗಳು.

$\triangle^s$ KLD ಮತ್ತು AMDಗಳು ಸಮಾನ ತ್ರಿಕೋಣಗಳು.

$$\therefore \quad \frac{KL}{AM} = \frac{KD}{AD}$$

ಆದರೆ, $\triangle s$ DKE, DAA^1 ಗಳಿಂದ.

$$\frac{KD}{AD} = \frac{KE}{AA^1} = \frac{KE}{BD} \; (\because AA^1 = BD)$$

$$\therefore \frac{KL}{AM} = \frac{KE}{BD}$$

ಆದರೆ, AM=BD

$\therefore$ KL=KE

ಅಂದರೆ, K ಬಿಂದುವನ್ನು ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ ಕಿರಿಯಲೆಯ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವು KEಗೆ ಸಮಾನವಾದಂತಾಯಿತು.

ಆದ್ದರಿಂದ L ಬಿಂದುವು DM ಮೇಲೆ ಇರಬೇಕು. ಇದು ADಗಳ ನಡುವೆ ಯೆಲ್ಲ ಬಿಂದುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯುವಾಗುವುದರಿಂದ DM ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಅಲೆಯ ಮುಖ ವಾಗಿದ್ದು

$i=r$ ಸೂತ್ರವು ಸಮರ್ಥನೆಯಾದಂತಾಯಿತು. ಇದೇ ಪ್ರತಿಫಲನ ನಿಯಮ ವನ್ನು, ಯಾವ ರೂಪದ ಅಲೆಯು ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಯೇ ಅಲ್ಲದೆ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರತಿಫಲನವಾದರೂ, ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

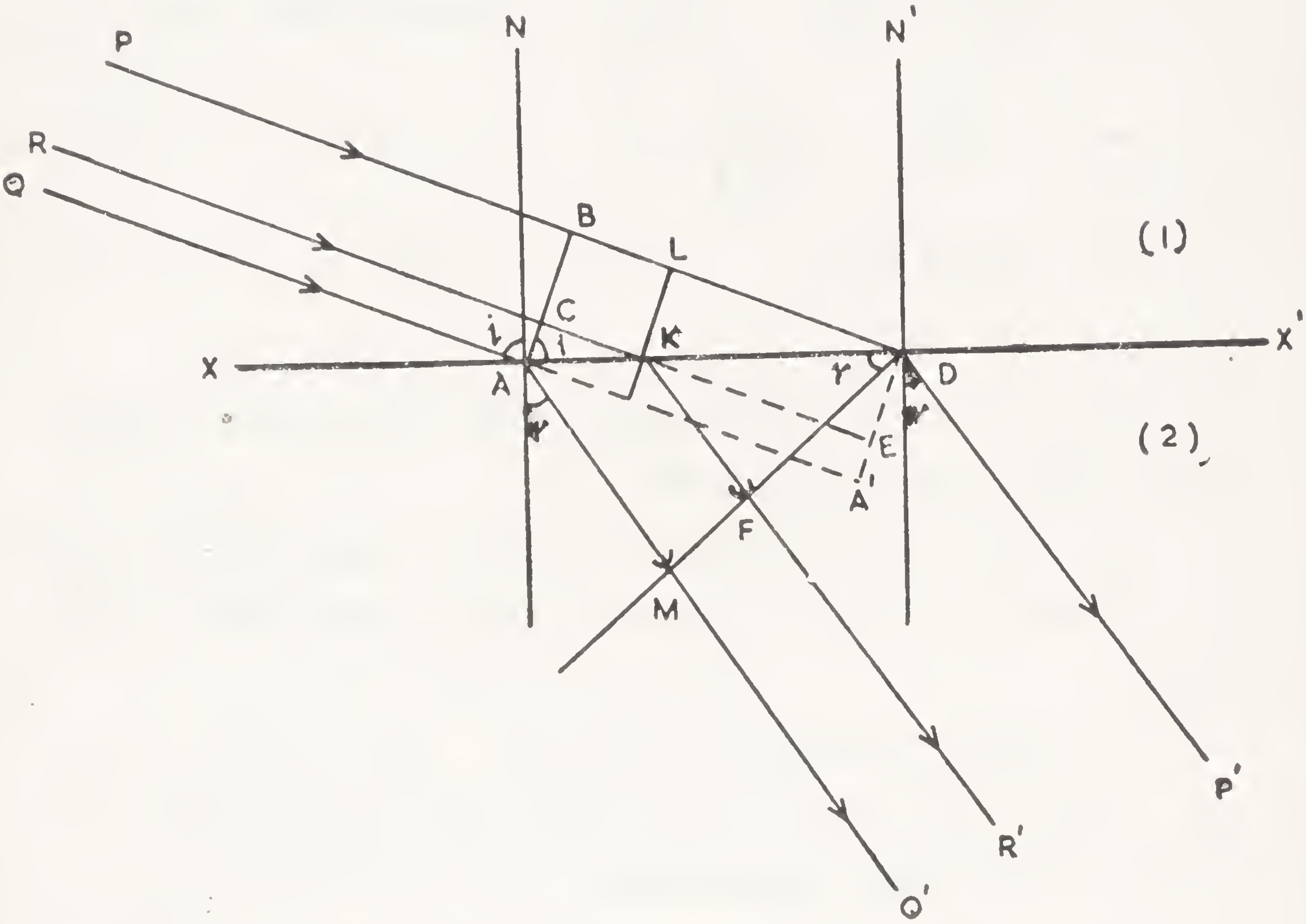
3.8 ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೂಲಕ ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳ ರಶ್ಮಿಭಂಗ

ಈಗ XX^1 (1) ಮತ್ತು (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಸುಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಯಾಗಿರಲಿ. (ಚಿತ್ರ 3.9)

ಇದರ ಮೇಲೆ AB ಎಂಬ ಸಮತಲ ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಆಪಾತವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ A ಮಾತ್ರ XX^1 ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಸಂಧಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಅಲೆಯ ಮುಖಕ್ಕೆ PB, RC ಮತ್ತು QA ಗಳು ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಅಲೆಯು ಮುನ್ನಡೆಯುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. AN ರೇಖೆಯು XX^1ಗೆ ಲಂಬವಾದರೆ, $NAQ=i=$ ಆಪಾತಕೋನವಾಗುತ್ತದೆ. (1) ಮಧ್ಯ ವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗವು c_1 ಆಗಿಯೂ (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅದು c_2 ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ.

AB ಅಲೆ ಮುಖವು (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತಲೂ, ಮಾರ್ಪಾಡು

ಆಗುವ DM ಅಲೆ ಮುಖವನ್ನು ರಚಿಸುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಆಪಾತ ಅಲೆಯಮುಖ AB ಮುಂದುವರೆದು BD ದೂರವನ್ನು (1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಯಾವ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವೂ ಇಲ್ಲದೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದು DA' ಅಲೆಯ ಮುಖವಾಗಿರುತ್ತಿತ್ತು. ಆಗ, ಅದರ ಬಿಂದು D ಯು XX' ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು



ಚಿತ್ರ 3.9 ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳ ರಶ್ಮಿಭಂಗ

ಸಂಧಿಸುತ್ತಿತ್ತು. ಆದರೆ, (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ನಡುವೆ ಬರುವುದರಿಂದ ಹಾಗಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

AB ಅಲೆ ಮುಖವು DA' ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಹೋಗುವ ಕಾಲವು t ಆಗಿರಲಿ. AB ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವಾಗಲೇ, A ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಕಿರಿಅಲೆಗಳು ಹೊರಟು ಅವುಗಳು, (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. 't' ಕಾಲಾವಧಿಯ ಮೇಲೆ ಆ ಅಲೆಗಳು $c_2 t$ ದೂರ ಹೋಗಿರುವುದರಿಂದ ನಾವು A ಬಿಂದುವನ್ನು ಕೇಂದ್ರವಾಗಿಟ್ಟು $c_2 t$ ತ್ರಿಜ್ಯದಲ್ಲಿ ಗೋಳಾಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ ಅದರ ಭಾಗವು ಚಿತ್ರದ (3.9) ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವರ್ತುಲ ಚಾಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ. B ಬಿಂದುವು D ಗೆ ಬರಲು t ಕಾಲವನ್ನು ಹಿಡಿಯುವುದರಿಂದ D ಬಿಂದುವು XX' ಸಂಧಿಸುವ ವೇಳೆಗೆ A ನಿಂದ ಹೊರಟ ಕಿರಿಯಲೆಯು ಆ ವರ್ತುಲ ಚಾಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ D ಯಿಂದ ಕಿರಿಯಲೆಗಳು ಎರಡನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ c_2 ವೇಗದಿಂದ ಹೊರಡಲು ಸಿದ್ಧವಾಗಿರು

ತ್ತವೆ. ಅದರೆ, ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ AB ಅಲೆಮುಖದಲ್ಲಿ A, B ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಇತರ ಬಿಂದುಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರವನ್ನು ಮೊದಲನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಉಳಿದುದನ್ನು, (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. C ಇಂಥ ಒಂದು ಬಿಂದುವಾದರೆ, ಇದು CK ದೂರವನ್ನು (1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಮುನ್ನಡೆದು K ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲುಪಿದ ತತ್‌ಕ್ಷಣವೇ ಅಲ್ಲಿಂದ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ, (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ c_1 ವೇಗದಿಂದ LD ಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ c_2 ವೇಗಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಹೊರಟಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ A ನಿಂದ D ವರೆವಿಗೆ ಇರುವ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತಿರುವ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳಿರುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳನ್ನು, (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ರಚಿಸಿದರೆ ಈ ಎಲ್ಲ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶಿಸುವುದೇ ಭಗ್ನ ಅಲೆ ಮುಖ (Refracted wave front) ಆಗಬೇಕು. ಮೇಲಿನ ವಿವರಣೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ನಾವು D ಯಿಂದ ಆ ಎಲ್ಲ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಮಾನ ಸ್ಪರ್ಶಕ ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದರೆ ಅದು DFM ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, AB ಅಲೆಮುಖವು XX ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಭಂಗವನ್ನು ಹೊಂದಿ, (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಮುಂದುವರೆದರೆ ಅದರ ಸ್ಥಾನವು DFM ಆಗುತ್ತದೆ. DFM ಅಲೆಮುಖದ ಕಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಪನ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಅಲೆ ಮುಖದ ಗಮನ ಮಾರ್ಗವು ಇದಕ್ಕೆ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ PD, RK, QA ಗಳು ಆಪಾತ ಕಿರಣಗಳಾದರೆ, ಅವುಗಳ ಭಗ್ನಕಿರಣಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ, DP^1, KR^1 ಮತ್ತು AQ^1 ಆಗುತ್ತವೆ.

ADM = ಭಗ್ನಕೋನ = r ಆಗುತ್ತದೆ.

BAD = ಆಪಾತಕೋನ = i ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ ನಮ್ಮ ರಚನೆಯ ಪ್ರಕಾರ

$$BD = c_1 t$$

$$AM = c_2 t$$

$$\triangle \quad BAD\text{ನಲ್ಲಿ } \sin BAD = \sin i = \frac{BD}{AD}$$

$$\triangle \quad DAM\text{ನಲ್ಲಿ } \sin ADM = \sin r = \frac{AM}{AD}$$

$$\therefore \quad \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{BD}{AM} = \frac{c_1 t}{c_2 t} = \frac{c_1}{c_2} = \text{ನಿಯತಾಂಕ } (\mu)$$

(1), (2) ಗಳ ನಡುವಣ ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕವನ್ನು $_1\mu_2$ ಎಂದು ಕರೆದರೆ,

$$_1\mu_2 = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\text{(1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}}{\text{(2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}} \quad (3.16)$$

(2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು (1) ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದೃಕ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ $_1\mu_2 > 1$

$$\therefore \quad c_1 > c_2 \text{ ಆಗಬೇಕು.}$$

(1) ಗಾಳಿಯಾಗಿದ್ದು, (2) ನೀರಾದರೆ, $_1\mu_2 = \frac{4}{3}$ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ (3.17)

$$\because \quad \frac{c_1}{c_2} = \frac{4}{3} \therefore \; c_2 = \tfrac{3}{4} c_1 \text{ ಆಗಬೇಕು.}$$

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಫೂಕೋ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಈ ವಿಷಯವು ಖಚಿತವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಭದ್ರವಾದ ತಳಹದಿ ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು.

ಈಗ ಮೇಲಿನ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ AB ನಡುವೆ C ಎಂಬುದು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದುವಾದರೆ, ಅಲೆಗಳು ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಟು CK ದೂರವನ್ನು (1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗಿ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಎರಡನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ DM ಅಲೆಮುಖವನ್ನು F ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ತಲುಪಬೇಕು.

ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, K ಬಿಂದುವು ಒಂದು ಉಪಕೇಂದ್ರವಾಗಿ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಬೇಕು. L ನಿಂದ D ಗೆ ಅಲೆಗಳು ಮೊದಲನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ತಲಪ್ಪುವ ಕಾಲವು t^1 ಆದರೆ, $LD = c_1t^1$. ಇದೇ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳು, (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ c_2t^1 ದೂರ ಸಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಆ ಕಿರಿ ಅಲೆಯ ತ್ರಿಜ್ಯವು KF ಆದರೆ, $KF = c_2t^1$ ಆಗಬೇಕು.

$$\therefore \quad \frac{KF}{DL} = \frac{c_2t^1}{c_1t^1}$$

$$\therefore \quad \frac{DL}{KF} = \frac{c_1}{c_2}$$

ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದರೆ, DM ಎಂಬುದು ಭಗ್ನ ಅಲೆಮುಖವೆಂಬುದು ಸಿದ್ಧವಾಗುತ್ತದೆ.

$\triangle$ DLK ಮತ್ತು DBA ಸಮಾನ ತ್ರಿಕೋಣಗಳು.

$$\therefore \frac{DL}{DB}=\frac{DK}{DA}$$

ಹಾಗೆಯೇ BKF ಮತ್ತು BAM ಸಮಾನ ತ್ರಿಕೋಣಗಳು.

$$\therefore \frac{DK}{DA}=\frac{KF}{AM}$$

$$\therefore \frac{DL}{DB}=\frac{KF}{AM}$$

$$\frac{DL}{KF}=\frac{DB}{AM}$$

ಹೀಗಾಗಿ ರಶ್ಮಿಭಂಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮುಖ್ಯನಿಯಮಗಳಿಗೆ ತರಂಗವಾದದಿಂದ ಸಮರ್ಥನೆ ಹೊಂದುವಂತಾಯಿತು.

3.9 ಮಸೂರದಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಭಂಗ

ಇನ್ನು ಮಸೂರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮುಖ್ಯನಿಯಮವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿ ತೋರಿಸಿದರೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಮಸೂರಗಳಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾಗುವಾಗ, ಅವುಗಳ ಎರಡು ಮೇಲ್ಮೈಗಳು ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಭಾಗಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಕಡೆ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಬಿಂದುವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಿಂದ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಗೋಳಾಕಾರದ ಅಲೆಗಳು ಹರಡಿ, ಮಸೂರದಿಂದ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಹೊಂದುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಈ ಅಲೆಗಳು ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾದರೆ ಇದನ್ನು ಬಿಂಬವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಅವುಗಳ ದೂರಗಳನ್ನು u v ಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಿದ್ದರೆ

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}=\text{ನಿಯತಾಂಕ ಎಂದು ಸಾಧಿಸಬೇಕು.}$$

RAR¹C ಒಂದು ಪೀನಮಸೂರವಾಗಿರಲಿ. (ಚಿತ್ರ 3.10)

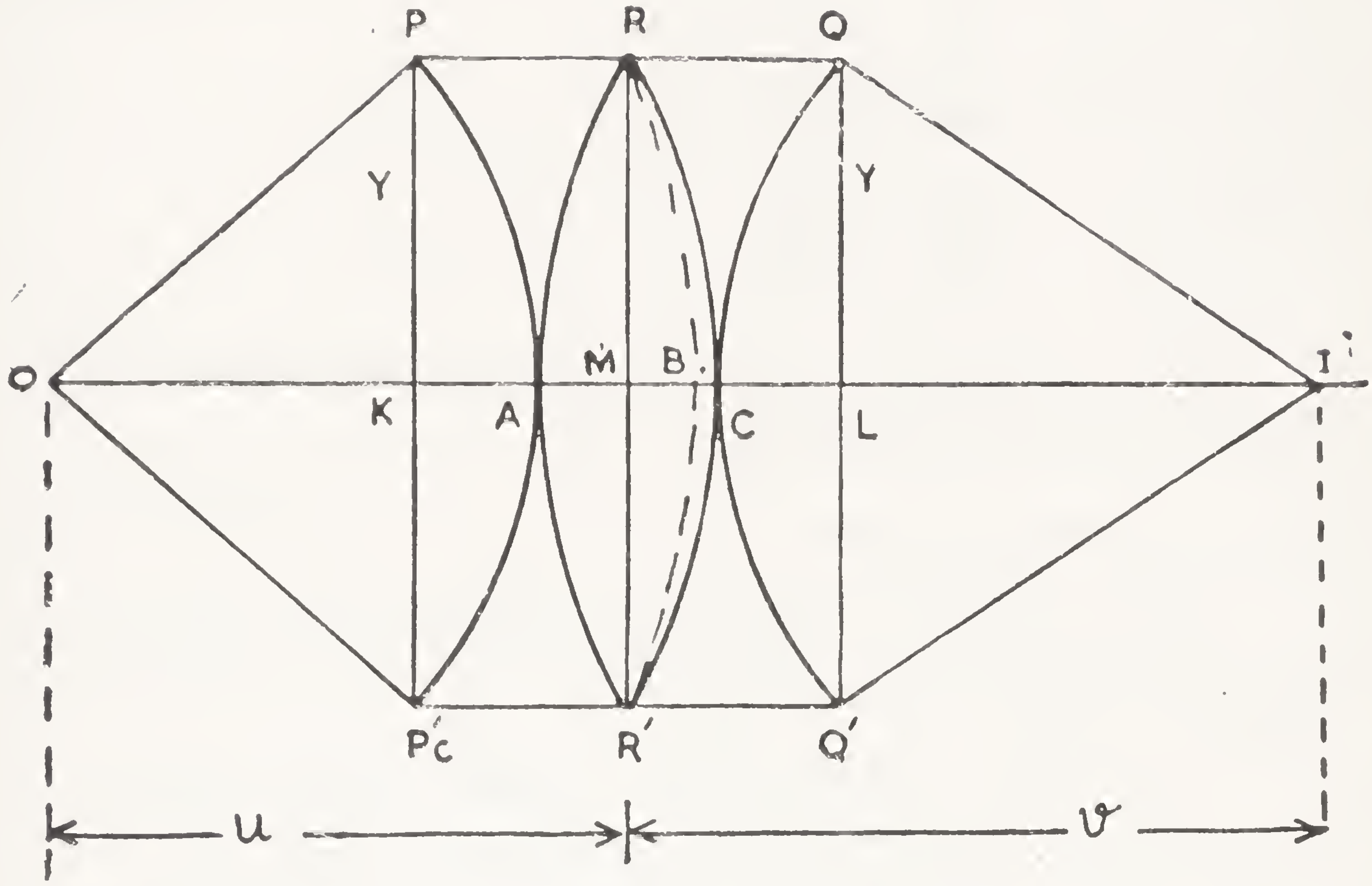
ಇದರ ಎರಡು ಮೇಲ್ಮೈಗಳಾದ RAR¹ ಮತ್ತು RCR¹ r_1 ಮತ್ತು r_2 ಪ್ರಮಾಣಗಳ ವಕ್ರತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಲಿ.

ಈ ಮಸೂರದ ಅಕ್ಷ OACI ಆಗಿದ್ದು ಅದರ ಮೇಲೆ O ಎಂಬುದು ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ಬಿಂದು (Object) ವಾಗಿರಲಿ. ಇದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಗಳು RAR¹ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾಗಿ ಅಲ್ಲಿಂದ ಮಸೂರದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ

ಯೊಳಗೆ ಪ್ರಸಾರವಾದ ಮೇಲೆ ಹೊರಬಿದ್ದ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಗಳು ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ I ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾದರೆ, I ಬಿಂದುವು O ಬಿಂದುವಿನ ಭಗ್ನಪ್ರತಿಬಿಂಬ (refracted image) ಆಗುತ್ತದೆ.

OA $= u =$ ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ಬಿಂದುವಿನ ದೂರ.

CI $= v =$ ಅದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ದೂರ.



ಚಿತ್ರ 3.10 ಪೀನ ಮಸೂರದ ಸಮೀಕರಣ

ಮಸೂರದ ದಪ್ಪವು ಅತಿಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ್ದೆಂದು ತಿಳಿದರೆ, ಇವುಗಳು ಮಸೂರ ದಿಂದ ಅಳೆದ ದೂರಗಳೆಂದೇ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಮಸೂರದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕ $= \mu$. ಈಗ ನಮಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪವನ್ನು ಸಾಧಿಸಬೇಕು.

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) = \frac{1}{f} \qquad (3.18)$$

ಇದನ್ನು ತರಂಗವಾದದಿಂದ ಸಿದ್ಧಿಸಬೇಕು.

Oನಿಂದ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಗಳು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಮಸೂರದ RAR' ಮೇಲ್ಮೈಗಳನ್ನು ತಲಪುವಾಗ ಅವುಗಳ ಒಂದು ಶಾಖೆಯು PAP' ರೂಪದ ಅಲೆಯ ಮುಖವಾಗಿರಲಿ.

A ಬಿಂದುವು ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದ ತತ್‌ಕ್ಷಣ ಅದು ಒಂದು ಉಪ ಕೇಂದ್ರವಾಗಿ ಮಸೂರದೊಳಗೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ C ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲಪುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಲೆಯ ಮುಖದ P ಮತ್ತು P^1 ಬಿಂದುಗಳು PRQ, $P^1R^1Q^1$ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೊರಟು Q ಮತ್ತು Q^1 ಗಳನ್ನು ತಲಪಿದರೆ, QCQ^1 ಎಂಬುದನ್ನು ಭಗ್ನ ಅಲೆಯ ಮುಖವೆಂದು (Refracted wave front) ಭಾವಿಸಬಹುದು, ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ I ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳು ಸಂಗಮವಾದರೆ, I ಪ್ರತಿಬಿಂಬವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅಲೆಯ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳು ಅಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಪನವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಂಬುದು ಅರ್ಥ ವಾಗುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (3.10) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ PAP^1 ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಮೊದಲ ನೆಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ರಶ್ಮಿಭಂಗದಿಂದ ಮಸೂರದ ಒಳಗೆ RBR^1 ಆಗಿದ್ದರೆ, ಹೊರ ಗಿನ ಆವರಣದಲ್ಲಿ PR, P^1R^1 ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಮಸೂರದ ಒಳಗೆ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿರುವ ದೂರವು AB ಮಾತ್ರ ಅಂದರೆ, ಈ ಕಾಲವು t ಆದರೆ

$$PR = c_1 t = P^1R^1$$

$$AB = c_2 t$$

c^1 ಮತ್ತು c_2ಗಳು ಎರಡು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಗಳು

$$\therefore \quad \frac{PR}{AB} = \frac{c_1 t}{c_2 t} = \frac{c_1}{c_2} = \mu$$

ie, $PR = \mu AB$. (3·19)

ಹೀಗೆಯೇ RBR^1 ಅಲೆಯ ಮುಖವು ಇನ್ನೊಂದು ಮೇಲ್ಮೈ RCR^1 ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವಾಗಲೂ, $RQ = \mu BC$ ಆಗಬೇಕು.

$$\therefore \quad PR + RQ = PQ = \mu\,(AB + BC) = \mu AC. \quad (3.20)$$

RMR^1 ರೇಖೆಯೂ, PKP^1, QLQ^1ಗಳೂ ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷ OIಗೆ ಲಂಬ ರೇಖೆಗಳಾಗಿರಲಿ. $PK = RM = QL = y$ ಇರಲಿ.

$$PQ = KL = AK + AC + CL = \mu\, AC.$$

$$AK + CL = (\mu - 1)\, AC.$$

ಈಗ PAP^1 ಎಂಬುದನ್ನು OA ತ್ರಿಜ್ಯದ ಒಂದು ವೃತ್ತದ ಭಾಗವೆಂದು ಗಣಿಸಿದರೆ

$$AK\,(2u - AK) = PK^2 = y^2$$ (ವೃತ್ತದ ಲಕ್ಷಣದಿಂದ)

$$2u\,AK-AK^2=y^2$$

u ಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, AK^2 ಗಣನೀಯವಲ್ಲದಿದ್ದರಿಂದ $2u\,AK=y^2$

$$\therefore \quad AK=\frac{y^2}{2u}$$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇತರ ಭಾಗಗಳಾದ RAR^1, RCR^1 ಮತ್ತು QCQ^1 ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅವುಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತವೆ.

$RM=y$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ,

$$AM=\frac{y^2}{2r_1}$$

$$MC=\frac{y^2}{2r_2}$$

$$CL=\frac{y^2}{2v}$$

$$KA+AM+MC+CL=KL=\mu.\,AC \quad (\because PQ=KL)$$

$$\therefore \quad KA+CL=(\mu-1)\,AC=(\mu-1)\,(AM+MC)$$

$$\therefore \quad \frac{y^2}{2u}+\frac{y^2}{2v}=(\mu-1)\frac{y^2}{2}\left\{\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right\}$$

$$\text{ie. } \frac{1}{u}+\frac{1}{v}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right) \qquad (3.19)$$

ಪೀನ ಮಸೂರಕ್ಕೆ ಸಂಬಧಪಟ್ಟ ಸಮೀಕರಣವೇ ಇದು.

$u=\infty$ ಆದರೆ, $v=f=$ ಸಂಗಮ ದೂರವಾಗಿ,

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f} \quad \text{ಆಗುತ್ತದೆ.}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{f}=(\mu-1)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)=\frac{1}{v}+\frac{1}{u} \qquad (3.20)$$

ರೂಪವು ಬರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಆಪಾತ ಅಲೆಗಳ ಮೇಲೆ ಮಸೂರವು ಒಂದು ವಕ್ರತೆಯನ್ನು ಹೇರಿಸುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದು $\frac{1}{f} = F$ಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ತರಂಗಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಈ ಭಾವನೆಯು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನ ಸೂತ್ರಗಳಾದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗುತ್ತದೆಂದು ವಿವರಿಸಿದ್ದಾಯಿತು.

ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಈ ವಾದವು ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಅದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ, ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಎತ್ತಿಹಿಡಿದು ನ್ಯೂಟನ್‌ಕಣವಾದವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಸಲು ಸಹಾಯಕವಾದ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದು ಉಚಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಇದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾಯಿತು.

3. 10 ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳು : ಫೂಕೋ ಪ್ರಯೋಗ

ಹದಿನೇಳನೆಯ ಶತಮಾನದಿಂದ ಇತ್ತೀಚಿನವರೆಗೂ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಡೆದಿವೆ. ಮೊದಲು ಹೊರಗಿನ ವಿಶ್ವದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, ಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ, ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಟ ಬೆಳಕು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ ಭೂಮಿಯನ್ನು ತಲಪುವಾಗ ಆಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಇವುಗಳು ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿದ್ದುವು.

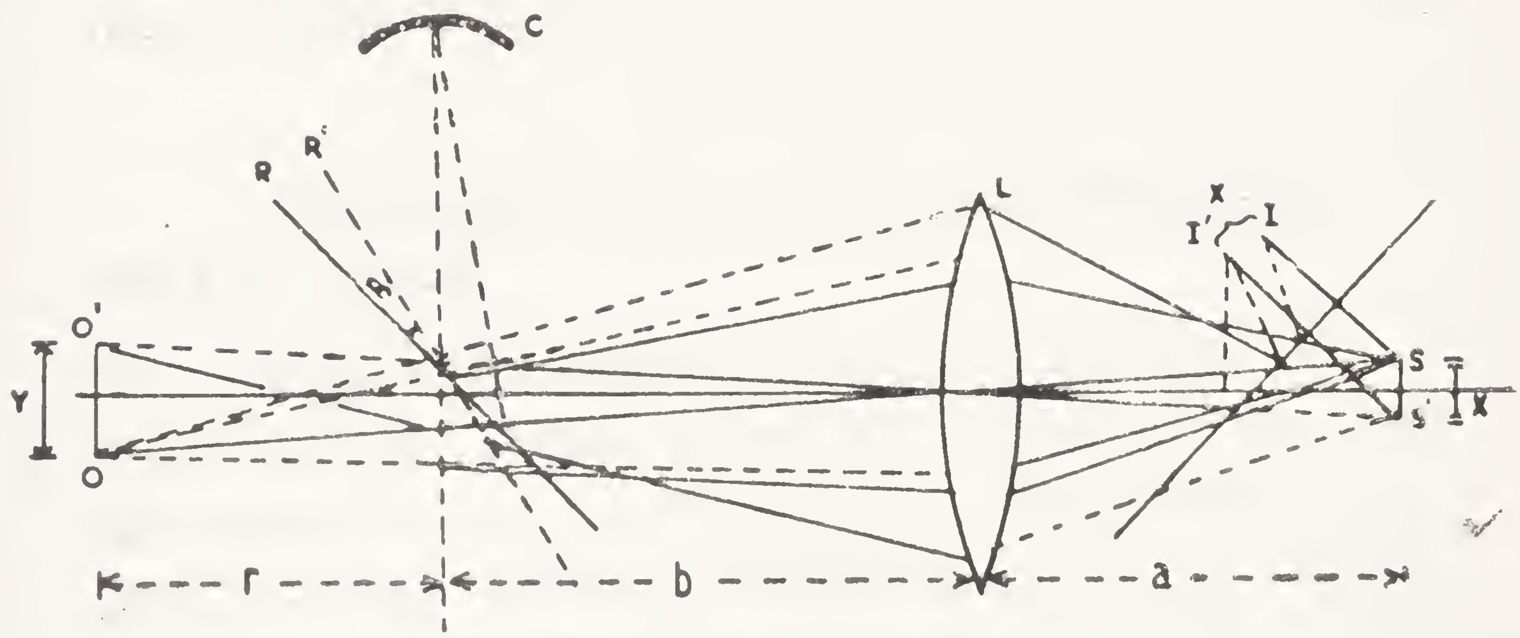
ಎರಡನೆಯ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆಯೇ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡುವ ವೀಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಂಶಗಳು. ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಅಪಾರವಾಗಿದ್ದರೂ, ಅದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ಯಂತ್ರ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳು ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಆಕತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕುಶಲತೆಯೂ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಬುದ್ಧಿಶಕ್ತಿಗೆ ನಿದರ್ಶನಗಳಾಗಿವೆ.

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಫೂಕೋ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗವೂ ಅದೇ ವಿಧಾನವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದ ಮೈಕಲ್ಸನ್ (Michelson) ಮೊದಲಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ಚರಿತ್ರಾರ್ಹವಾದುವು. ಇಲ್ಲಿ ಫೂಕೋ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸೋಣ.

ಕ್ರಿ. ಶ. 1862 ರಲ್ಲಿ ಫೂಕೋ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಚಿತ್ರ (3. 11)ವು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ.

S ಎಂಬುದು ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತು. ಇದು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಿಡುಗಂಡಿ (Fine Slit) ಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅದರ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅತಿ ನವಿರಾದ ತಂತಿಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿ ಅದರ ಮೂಲಕ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಹೊರಸೂಸು ವಂತಿದ್ದಿತು. ಇದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ ಅದರ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಎಳೆಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದಾಗಿದ್ದಿತು.

G ಎಂಬುದು ಒಂದು ಗಾಜಿನ (ಸಮಾನಾಂತರದ) ಫಲಕ. ಇದರ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗ ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಉಳಿದ ಭಾಗ ಅದರ ಮೂಲಕ ರಶ್ಮಿ ಭಂಗ ಹೊಂದಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಈ ಫಲಕವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಓರಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಿರಣಗಳು ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿದರೆ, ಅದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಪಸರಣ ಕಿರಣ ಸಮೂಹವು ಗಾಜಿನ ಫಲಕದಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದು



ಚಿತ್ರ 3.11 ಫೂಕೋ ಪ್ರಯೋಗ

L ಪೀನಮಸೂರದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಆದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವಾಗ ಏಕಾಗ್ರ ಮುಖವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿ O ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾಗುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಆದರೆ, ಈ ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ R ಎಂಬ ಒಂದು ಸಮತಲದರ್ಪಣವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಿರಣಗಳು ಅಲ್ಲಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು C ಯಲ್ಲಿ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, O ಮತ್ತು C ಗಳ ದೂರಗಳು R ನಿಂದ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಹೀಗಿರುವಾಗ C ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿಮ್ನ ದರ್ಪಣವಿಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಕಿರಣಗಳ ಅಕ್ಷವೂ C ದರ್ಪಣದ ಅಕ್ಷವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು R ಮತ್ತು C ಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವು C ಯ ವಕ್ರತಾತ್ರಿಜ್ಯ (Radius of curvature) ಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿದ್ದರೆ, C ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳು ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ ತಮ್ಮ ಹಿಂದಿನ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿಯೇ

ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಎರಡು ಮುಖದ ಚಿಹ್ನೆಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದರೆ, C ಯಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳೆಲ್ಲವೂ ವಾಪಸಾಗಿ S ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲದಿಂದ ಇದರ ಪ್ರತಿಫಲನ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಸ್ಥಾನವಾದ I ಗೆ ಕಿರಣಗಳು ಹಿಂತಿರುಗಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು (Micro-meter eye-piece) ಅಳವಡಿಸುವ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಅದರ ಮೂಲಕ I ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಸ್ಥಾನ ವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವಂತೆ ಅಳತೆಯನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡಬೇಕು.

ಈ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕಾದರೆ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಸಮತಲದರ್ಪಣ (R) ವನ್ನು ಅದರ ಕೇಂದ್ರದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಅತಿ ವೇಗದಿಂದ ಸುತ್ತುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವೇಗವನ್ನು ಕೊಡಲು ಒಂದು ವಾಯುಚಕ್ರ ಯಂತ್ರವನ್ನು (air-turbine) ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಒಂದು ನಿಮಿಷದಲ್ಲಿ ನೂರಾರು ಸುತ್ತು ಗಳನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸುವಂತಿರಬೇಕು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ವಾಯುಚಕ್ರವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಅದರ ವೇಗವು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋದರೆ, R ಸಮತಲದರ್ಪಣದ ಭ್ರಮಣದ ದೆಸೆಯಿಂದ, C ದರ್ಪಣ ದಿಂದ ವಾಪಸಾಗುವ ಕಿರಣಗಳು ತಮ್ಮ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅಂತಿಮ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು I ನಲ್ಲಿರದೆ ಅಲುಗಾಡುವುದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು – R ದರ್ಪಣದ ಭ್ರಮಣ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅಂತಿಮ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ (I¹)ವು ಚಲಿಸದೆ ನಿಂತು ಒಂದು ಸ್ಥಿರಸ್ಥಾನವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ವೇಗವನ್ನು ಬದಲಾ ಯಿಸದೆ ದೃಢವಾಗಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಸ್ಥಿರ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಡುವಂತೆ ತೋರಿ, I¹ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಅದರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವಂತೆ ಅಳತೆ ಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅಂತಿಮ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ (x) ವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಇತರ ಅಂಗಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಪಟ್ಟ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟ ವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲಾಯಿತು.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ ವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅವುಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದೆ, ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ (R) ದರ್ಪ

ಣಕ್ಕೂ ನಿಮ್ನದರ್ಪಣಕ್ಕೂ (C) ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ನೀರು ತುಂಬಿ ಒಂದು ಕೊಳವೆಯಿಂದ, ಆವರಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಇದರ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ, ಈ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಾಗುವುದರಿಂದ, ಆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿರಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಒಂದು ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಮಾಡಿ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಅಂಗಗಳು ಹಿಂದಿನ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಇದ್ದು, R ದರ್ಪಣದ ಭ್ರಮಣ ವೇಗವು ಹಿಂದಿನಂತೆಯೇ ಆದಾಗ, I′ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಹೊಸ ಸ್ಥಾನದಿಂದ II′=x′ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಫೂಕೋ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ $x = 7$ ಮಿ. ಮೀ. ಮತ್ತು $x' = 9.4$ ಮಿ. ಮೀ. (ಸುಮಾರು) ಇದ್ದವು. $x^1 > x$ ಆದ್ದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಎಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು.

ಈ ಚಿತ್ರದ (3.11) ಸಹಾಯದಿಂದ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಅಂಶವು ಹಿಂದಿನ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು R ದರ್ಪಣದಿಂದ ಹೊರಟು C ದರ್ಪಣದಿಂದ ಮತ್ತೆ R ದರ್ಪಣಕ್ಕೆ ವಾಪಸಾಗುವ ಕಾಲವೂ (t) R ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿ ಅದರ ಭ್ರಮಣ ಪ್ರಮಾಣವು α ಆಗಿರಬಹುದು. ಈ ಭ್ರಮಣ ಕಾಲವೂ ಕೂಡ (t′) ಒಂದೇ ಆದರೆ, I′ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಭ್ರಮಣದಿಂದ, ವಾಪಸಾದ ಕಿರಣಗಳು R ನಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಿ L ಕಡೆಗೆ ಸಾಗುವಾಗ, ಮೊದಲಿನ ಮಾರ್ಗಕ್ಕಿಂತ 2α ಕೋನದ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇದು ಸಮತಲ ದರ್ಪಣದ ಪ್ರತಿಫಲನ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ದರ್ಪಣವು ಭ್ರಮಣವಾಗುವ ಕೋನವು α ಆದರೆ, ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಿರಣಗಳು ಭ್ರಮಣದ ಪ್ರಮಾಣವು ಅದರ ಎರಡರಷ್ಟು ಇರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಅದು 2α ಇರಬೇಕು. ಇದರಿಂದ, L ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು G ಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವ ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗವು ಬದಲಾವಣೆ ಆಗಿ ಅವುಗಳ ಸಂಗಮ ಸ್ಥಾನವು I′ ಆಗುತ್ತದೆ. ದರ್ಪಣದ ಭ್ರಮಣದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, O, O′ ಗೂ, S. S′ ಗೂ I, I′ ಗೂ ಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತದೆ.

SL = a. OO′ = y. c = ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ

LR = d. SS′ = x = II′ c′ = ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ

X′ = II′ (RC ಪ್ರದೇಶವು ನೀರು ಆಗಿದ್ದಾಗ)

OR = r. RER′ = α

RC≡r. $n=R$ ದರ್ಪಣವು 1 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಮಾಡುವ ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತುಗಳು

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ, t ಸೆಕೆಂಡುಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು R ನಿಂದ C ಗೆ ಹೋಗಿ, Rಗೆ ವಾಪಸಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದು 2r ದೂರ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ r ಎಂಬುದು Cಯ ವಕ್ರಣ ತ್ರಿಜ್ಯವಾಗಿರಬೇಕು.

$$t = \frac{\alpha}{2\pi n}$$ [1 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ R ದರ್ಪಣವು ಒಟ್ಟು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ ಕೋನ ಪ್ರಮಾಣ $=2\pi n$]

$$t = \frac{2r}{c}$$ (2r ದೂರವನ್ನು ಸಾಗುವ ಬೆಳಕಿಗೆ ತಗಲುವ ಕಾಲ)

$$\therefore \frac{\alpha}{2\pi n}=\frac{2r}{c}: \quad c = \frac{4\pi nr}{\alpha} \qquad (3.21)$$

ಜ್ಯಾಮಿತಿಯ ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ

$$\frac{x}{a}=\frac{y}{b+r}: \quad y=\frac{x(b+r)}{a} \qquad (3.22)$$

ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಿರಣಗಳ ಭ್ರಮಣವು 2α ಆದ್ದರಿಂದ

$$OO' = y = r\cdot 2\alpha$$

$$\therefore \alpha = \frac{y}{2r}$$

$$\therefore c = \frac{4\pi n r}{\alpha}$$

$$= \frac{4\pi\cdot nr\cdot 2r}{y} = \frac{8\pi nr^2}{y}$$

$$= \frac{8\pi nr^2.a}{x(b+r)}$$

ಇದೇ ಪ್ರಧಾನ ಸೂತ್ರ

$$c = \frac{8\pi nar^2}{x(b+r)} \qquad (3.23)$$

ಫೂಕೋ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ $x=0.7$ ಸೆ. ಮೀ.

$r=20\times100$ ಸೆ. ಮೀ. ಆಗಿದ್ದು

$c = 2.98 \times 10^{10}$ ಸೆ. ಮೀ·/ 1 ಸೆಕೆಂಡ್ ಎಂಬು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ

x' ಪ್ರಮಾಣವು x ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದಿತು.

ಅಂದರೆ $c' < c$ ಆಯಿತು. (c' = ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ) ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಈ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಬಂದುವು.

1) ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ನಿರ್ಧಾರ.

2) ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಇದು ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪುಷ್ಟೀಕರಣ ಮಾಡಿ, ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಪ್ರವ್ಯಕಣವಾದವನ್ನು ತಳ್ಳಿ ಹಾಕಿತು. ಮೈಕೆಲನ್ಸ್ ಮುಂತಾದ ಹಲವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಫೂಕೋ ಪ್ರಯೋಗದ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಿ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಅತಿ ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದ್ದಾರೆ.

ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು

$c = 299,796 \pm 4$ ಕಿ. ಮೀ. / 1 ಸೆಕೆಂಡು

(1926 ರಲ್ಲಿ ಮೈಕಲ್ಸನ್ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗ)

ಅಧ್ಯಾಯ 4

ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣ

4.1 ಅಲೆಗಳ ಒಕ್ಕೂಡುವಿಕೆಯ ತತ್ತ್ವ

ನಮ್ಮ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನುಭವದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತೆ ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಎರಡು ಸಮೀಪ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕಲ್ಲುಗಳನ್ನು ತಾಕಿಸುವುದರಿಂದಲೋ ಅಥವಾ ಬೇರೆ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೋ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಸುಳಿಗಳನ್ನು ಎಬ್ಬಿಸಿ, ಇವುಗಳು ಹರಡಿ, ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ತಮ್ಮ ತಮ್ಮ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಅಬಾಧಿತವಾಗಿ ಸಾಗುವುದನ್ನು ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಒಂದೊಂದು ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹದಲ್ಲಿಯೂ, ಶಿಖರ, ತಗ್ಗುಗಳೂ, ಕ್ರಮವಾಗಿ ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇನ್ನೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಲೆಗಳು ಒಟ್ಟಿಗೆ ಕೂಡುವಾಗ, ಅತ್ಯಧಿಕ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವಿರುವ ಶಿಖರಗಳೂ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವ ಸಂಭವವೂ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಆಯಾ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶಿಖರ ತಗ್ಗುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಸಮಾನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳುಳ್ಳ ಎರಡು ಅಲೆಗಳು ಒಂದೇ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತಿರುವಾಗ, ಎರಡು ಅಲೆಗಳೂ ಮಿಲನವಾಗುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳು ಅತ್ಯಧಿಕವಾಗಿಯೂ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಯಾವ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವೂ ಇಲ್ಲದೆ ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ.

ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ, ಎರಡು ಮೂಲ ಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳು ಒಂದರಿಂದ ಒಂದಕ್ಕೆ ಅಡಚಣೆಯಿಲ್ಲದೆ ಅನಿರ್ಬಂಧಿತವಾಗಿ ಸಾಗಬಲ್ಲವು. ಒಂದೇ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ವಿವಿಧ ಪ್ರೇಕ್ಷಕರು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ, ಆ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿಯೂ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಹೀಗಿದ್ದರೂ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬೆಳಕಿನ ಸಮೂಹಗಳು ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ, ಪ್ರಕಾಶದ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವೂ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಶೂನ್ಯತೆ (ಕತ್ತಲೆ)ಯೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಶೇಷ ಸಂಭವಕ್ಕೆ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣವೆಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ.

ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಸಮಂಜಸವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲು ಯಂಗ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ರಿ.ಶ. 1801 ರಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳ ಒಕ್ಕೂಡುವಿಕೆಯ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. "ಹಲವಾರು ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹಗಳು ಒಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತಿರುವಾಗ, ಒಂದೊಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಅಲೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವನ್ನೂ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ಬೀಜಗಣಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಕಲನ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಬರುವ ಮೊತ್ತ (algebraic-sum) ವು ಆ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಕಣದ ಫಲಿತ (resultant) ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ." ಅಂದರೆ, y_1 ಮತ್ತು y_2 ಗಳು ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಕಣದ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ಮೊತ್ತವು $R=y_1 \underline{+} y_2=$ ಆಗಬಹುದು. ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ $R=y_1+y_2$, ವಿರೋಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೆ $R=y_1-y_2$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮುಂದೆ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕಿನ ವಿಷಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಎರಡು ಅಲೆಗಳು ಒಂದೇ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾದರೆ, ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳು ಇರುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ $R=y_1+y_2$ $=2y_1$ ಆಗಿ. ಪ್ರಕಾಶವು $R^2=4y_1{}^2$ ಅಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ $R=y_1-y_2=0$ $R^2=0$ ಅಂದರೆ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿ ಕತ್ತಲೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. [ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು a ಇದರೆ, ಪ್ರಕಾಶ (Intensity) ಪ್ರಮಾಣವು a^2 ಆಗಿರಬೇಕೆಂದು ತತ್ತ್ವ.]

ಮುಂದಿನ ನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಬಗೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗುವುದು. ಇವು ಯಾವುವೆಂದರೆ,

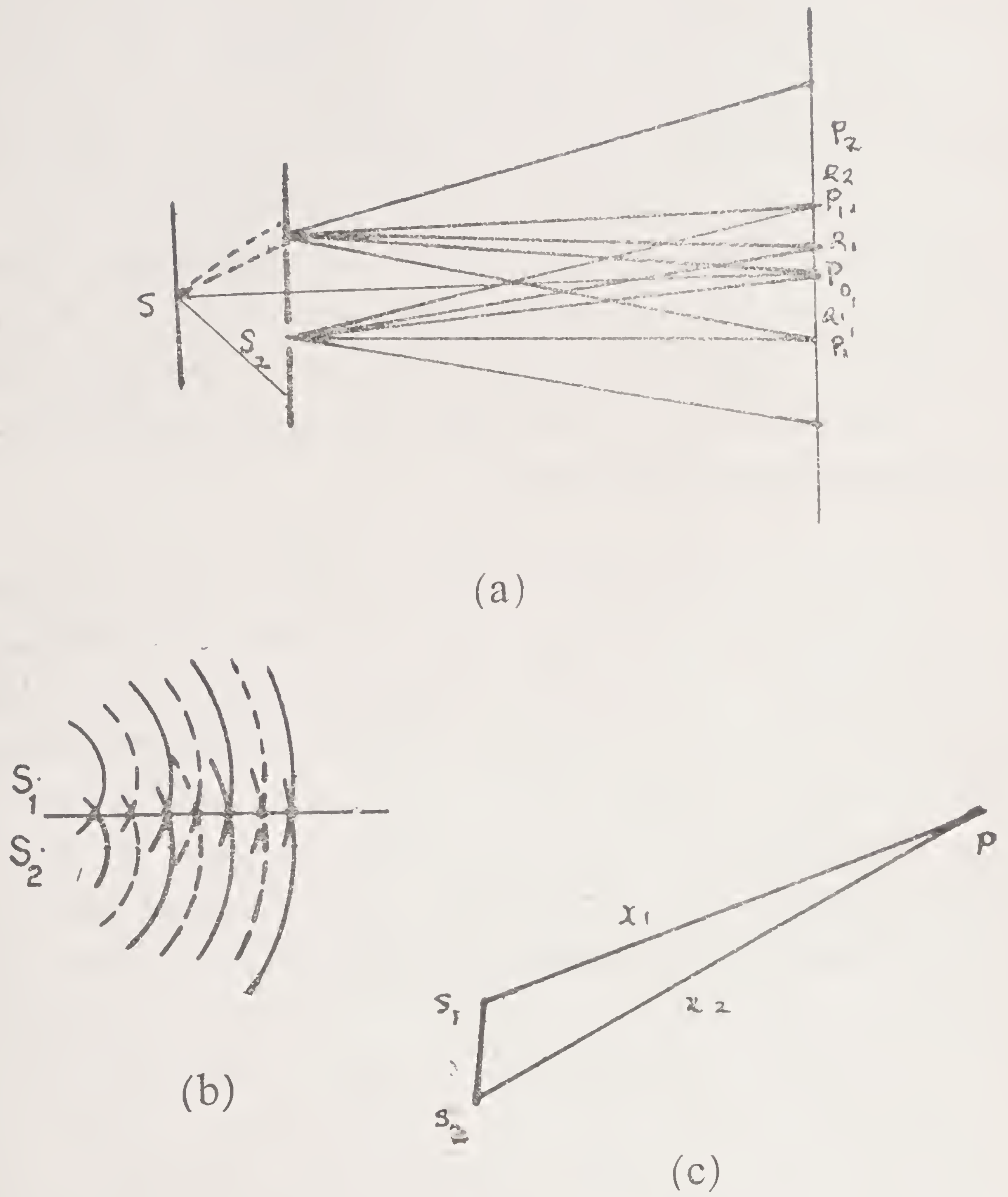
(i) ಅಲೆಯ ಮುಖದ ವಿಭಾಗದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವ್ಯತಿಕರಣ.

(ii) ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯದ ವಿಭಾಗದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವ್ಯತಿಕರಣ.

ಈಗ ಮೊದಲನೆಯ ಬಗೆಯ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಯಂಗ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಆರಂಭಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

4.2 ಯಂಗ್ ಪ್ರಯೋಗ

ಎರಡು ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹಗಳ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವಿಕೆಯಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಉಪಕರಣವು ಯಂಗ್‌ನ ಎರಡು – ಸೀಳುಗಂಡಿ ಪ್ರಯೋಗವೆಂದು ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಯಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಯಂಗ್ ಕ್ರಿ. ಶ. 1801 ರಲ್ಲಿ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಇದರ ಚಿತ್ರವು ಕೆಳಗೆ (ಚಿತ್ರ 4.1....) ತೋರಿಸಿದೆ. S ಎಂಬ ಸೂಚೀ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ



ಚಿತ್ರ 4.1 ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹಗಳು

ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪದೂರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು (S_1, S_2) ಸ್ಥಾಪಿಸಿ, ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಅದರ ಹಿಂದೆ ಇಟ್ಟಿದ್ದ XX^1 ಎಂಬ ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ತೆರೆಯಮೇಲೆ ಬಿದ್ದ ಬೆಳಕು ಏಕರೂಪ ಪ್ರಶಾಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರದೆ, ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಕಂಡು ಬಂದುವು. ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ಬಿಂದುಗಳಿರುವುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು.

ಇದನ್ನೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿ, S_1 S_2 ಗಳನ್ನು ಸೂಚೀ ರಂಧ್ರಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಸಮಾನಾಂತರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸೀಳುಗಂಡಿಗಳಾಗಿದ್ದು, S ಕೂಡ ಅಂತಹುದೇ ಒಂದು ಸೀಳುಗಂಡಿಯಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, S_1, S_2 ಗಳಿಂದ ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳು ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. S_1, S_2 ಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಬಿಂದುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಉಪಕೇಂದ್ರಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳ ಶಾಖೆಗಳನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸುವ ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಚಾಪಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಗೆರೆಗಳು ತಗ್ಗುಗಳನ್ನು ಪೂರ್ಣ ಗೆರೆಗಳು ಶಿಖರಗಳನ್ನೂ ತೋರಿಸುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ಎರಡು ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹಗಳು ಹೊರಡುವಾಗ ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳೂ ವೇಗಗಳೂ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತವೆ. (S ಎಂಬುದನ್ನು ಏಕೈಕ ತರಂಗ ದೂರದ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಪ್ರಕಾಶಗೊಳಿಸಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಸಾರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಎರಡು ತಗ್ಗುಗಳು ಅಥವಾ ಎರಡು ಶಿಖರಗಳು ಸಂಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು 0 ಎಂದು ತೋರಿಸಿದೆ. ಆ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವಿಕೆಯ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಟ್ಟು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವು $(a+a=2a)$ ಅಥವಾ $(-a-a)=-2a$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $a=$ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ × ಒಂದು ಶಿಖರವು ಮತ್ತೊಂದರ ತಗ್ಗು ಎರಡೂ ಮಿಲನವಾಗಿ ಒಟ್ಟು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವು $(a-a)=0$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ °ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು $4a^2$ ಮತ್ತು × ಗಳಲ್ಲಿ ಅದು 0 ಆಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತೆರೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, P_0, P_1........ಗಳು ಅತಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಗೆರೆಗಳಂತೆಯೂ, Q_1, Q_2....ಗಳು ಕಪ್ಪು ಗೆರೆಗಳಂತೆಯೂ (Dark Fringes) ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿಯೂ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಪ್ರಕಾಶ ಗೆರೆಗಳು ಉತ್ತೇಜಕ ಅಂತರರೋಧವನ್ನೂ, ಕಪ್ಪು ಗೆರೆಗಳು ವಿನಾಶಕ ಅಂತರರೋಧವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಅಂತರರೋಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸತಕ್ಕ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿರುವ ಪ್ರಕಾಶ – ಕಪ್ಪು ಗೆರೆಗಳ ಕ್ರಮವು ಎರಡು ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹಗಳ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವಿಕೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿದೆಯೆಂದು ಸಮರ್ಥಿಸಲು, S_1 ಅಥವಾ S_2 ಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಮುಚ್ಚಿದರೆ, ಆ ವಿನ್ಯಾಸವೇ ಮಾಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂತೂ ಬೆಳಕು – ಬೆಳಕು ಸೇರುವುದರಿಂದ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕತ್ತಲು ಸಂಭವಿಸಬಹುದಾದ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ತರಂಗವಾದದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

4.3. ವ್ಯತಿಕರಣದ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ನಿರೂಪಣೆ

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಖಚಿತಗೊಳಿಸಲು ಅಲೆಗಳ ಸಮೀಕರಣದ ಆಧಾರದಿಂದ ಒಂದು ಸೂತ್ರದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು. S_1 ಮತ್ತು S_2 ಬೆಳಕಿನ ಕೇಂದ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ, ಆವರ್ತಕಾಲ, ಮತ್ತು ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರತಕ್ಕ ಅಲೆಗಳು ಹೊರಡುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಈ ಎರಡು ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಬಿಂದು (P) ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು [ಚಿತ್ರ 4·1 (c)] $s_1 p = s_2, x_1 p = x_2$ ಆಗಿರಲಿ. p ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ 't' ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಲೆಗಳು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ತಲುಪಿದರೆ, ಅಲ್ಲಿಯ ಕಣದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳು y_1 y_2 ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಫಲಿತ ಪಲ್ಲಟವು y ಆಗಿ,

$$y = y_1 + y_2.$$

$a, T, \lambda,$ ಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ, ಆವರ್ತಕಾಲ ಮತ್ತು ತರಂಗಾಂತರಗಳಾದರೆ,

$$y_1 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}\right)$$

$$y_2 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda}\right) \qquad (4\cdot2)$$

ಈ ಅಲೆಗಳ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಶದಿಸಲಾಗಿದೆ.

$$y = y_1 + y_2 = a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}\right) + a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda}\right)$$

$$= 2a \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1 + x_2}{2\lambda}\right) \cos \frac{(x_1 - x_2)\pi}{\lambda}$$

$$= A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1 + x_2}{2\lambda}\right) \qquad (4.3)$$

ಇದೂ ಒಂದು ಸಂಗತ ಚಲನೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಇದರ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು (A) ನಿಯತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಮೌಲ್ಯವು x_1, x_2 ಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ಸ್ಥಾನ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೂ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

$$A = 2a \cos\pi \frac{(x_1 - x_2)}{\lambda} \qquad (4.4)$$

$\frac{\pi (x_1 - x_2)}{\lambda} = n\pi$. ಅಂದರೆ, $(x_1 - x) = n\lambda$ ಆದರೆ,

$A = 2a$ ಆಗುತ್ತದೆ.

[ಕಾಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಒಟ್ಟು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವು $-2a$ ನಿಂದ $2a$ ವರೆಗೆ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ.]

ಆದರೆ, $\frac{\pi (x_1 - x_2)}{\lambda} = \frac{(2n+1)\pi}{2}$: ie, $(x_1 - x_2)$

$$= (2n+1)\frac{\lambda}{2} \text{ ಆದರೆ,}$$

$A = O$ ಆಗುವುದರಿಂದ, ಒಟ್ಟು ಪಲ್ಲಟ y ಸದಾ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ, ಶೂನ್ಯವಾಗಿರಬೇಕು.

ಅಂದರೆ, ಈ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಲೂ ನಿಶ್ಚಲ ಪರಸ್ಥಿತಿಯಿದ್ದು, ಪ್ರಕಾಶ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ,

$(x_1 - x_2) = 0, \lambda, 2\lambda, \ldots\ldots n\lambda$ ಆದರೆ, $A = 2a$; ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶ $= 4a^2$.

$(x_1 - x_2) = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \ldots\ldots (n + \frac{1}{2})\lambda$ ಆದರೆ $A = 0$

ಪ್ರಕಾಶ $= 0$

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಪ್ರಕಾಶ, ಕತ್ತಲೆ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತವೆ. (4.5)

4.4. ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಸ್ಥಿರವಾದ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ನಿಬಂಧನೆಗಳು :

ಮೇಲೆ ರೂಢಿಸಿದ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಭಾವಿಸಿರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

ಹಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಕಾಂತಿಹೀನತೆಯು ಇರಲು ಸಾಧ್ಯ. ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ತರಂಗ ದೂರಗಳು λ_1 ಮತ್ತು λ_2 ಗಳಾಗಿ ಬೇರೆ ಯಾಗಿದ್ದರೆ, ನಾವು ಯಾವ ಒಂದು ಸ್ಥಾನವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ, ಅಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನ ಪಲ್ಲಟಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಬದಲಾಗುತ್ತಲೇ ಇದ್ದು ಪ್ರಕಾಶಹೀನವಾದ ಬಿಂದು ಗಳಿರಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಮತ್ತೊಂದು ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಅಲೆಗಳು ಹೊರಡುವ ಎರಡು ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರಸಾರ ಮಾಡದೆ ಇದ್ದರೆ, ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರವಿದ್ದರೂ, ಕತ್ತಲು ಪ್ರದೇಶಗಳು ಉಂಟಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೇ ಇರುವು ದಿಲ್ಲ. ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳ ನೆಲೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ನಿಯತ ವಾಗಿರಬಹುದು.

ಈ ಎರಡು ನಿಬಂಧನೆಗಳನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಎರಡು ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಹೊರಡಿಸುವ ಬೆಳಕು ಒಂದೇ ತರಂಗದೂರ, ಒಂದೇ ನೆಲೆ ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಇಂಥ ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರ ಗಳೆಂದು (Coherent sources) ಹೆಸರು.

ಎರಡು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪಗಳು ಒಂದೇ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಹೊಂದಿ ದ್ದರೂ, ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಲಾರವು. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ಈ ಎರಡು ದೀಪಗಳ ಲ್ಲಿಯೂ, ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡುವ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಸ್ಪಂದಿಸು ವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕುಗಳ ನಡುವಣ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅನಿಶ್ಚಿತವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಎರಡು ಸ್ವತಂತ್ರವಾದ ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಡಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿಲ್ಲದಿರು ವುದರಿಂದ ಸಂಸ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳೆನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾರವು.

ಆದ್ದರಿಂದ, ನಾವು ಎರಡು ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ, ಅವುಗಳು ಒಂದೇ ಒಂದು ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿರಬೇಕು. ಹಿಂದೆ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಯಂಗ್ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸಬಹುದು. s ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸೀಳು ಗಂಡಿಯಾಗಿದ್ದು ಸೋಡಿಯಂ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಪ್ರಜ್ವಲಿತವಾಗಿರಬಹುದು. s_1 ಮತ್ತು s_2 ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಬ್ಲೇಡಿನಿಂದ ಎರಡು ರೇಖೆಗಳನ್ನಾಗಿ ಕೊರೆದು ಅವುಗಳ ಅಂತರವನ್ನು ಸುಮಾರು 0.5 ಮಿ. ಮೀ. ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೂ ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪಕ್ಕೂ ಸುಮಾರು 5–10 ಸೆಂ. ಮೀ. ವರೆಗೆ ದೂರವಿರಬಹುದು ಸೀಳು ಗಂಡಿಯ ಫಲಕದ ಹಿಂದುಗಡೆ ಸುಮಾರು 1 ಮತ್ತು 2 ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಜ್ಜಿದ ಗಾಜಿನ ತೆರೆಯನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಟ್ಟೆ

ಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬಹುದು. ಅದೇ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಕಣ್ಣಿನಿಂದ ನೋಡಿದರೂ, ಆ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತವೆ.

ಒಂದೇ ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಎರಡು ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಹಲವು ವಿಧಾನಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುವು

1) ಫ್ರೆನಲ್–ದರ್ಪಣದ್ವಯ

2) ಫ್ರೆನಲ್–ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆದ್ವಯ

3) ಲ್ಲಾಯಿಡ್ ದರ್ಪಣ

4)ಬಿಲ್ಲೆ (Billet's) ಯ ಇಬ್ಭಾಗ ಮಸೂರ.

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 2) ಮತ್ತು 3) ವಿಧಾನಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಮುಂದೆ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಮುಖ್ಯ ನಿಬಂಧನೆಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

1) ಎರಡು ಬೆಳಕಿನ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಿರಬೇಕು.

2) ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರಬೇಕು.

3) ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಕೇಂದ್ರವು ಒಂದೇ ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಬೇಕು.

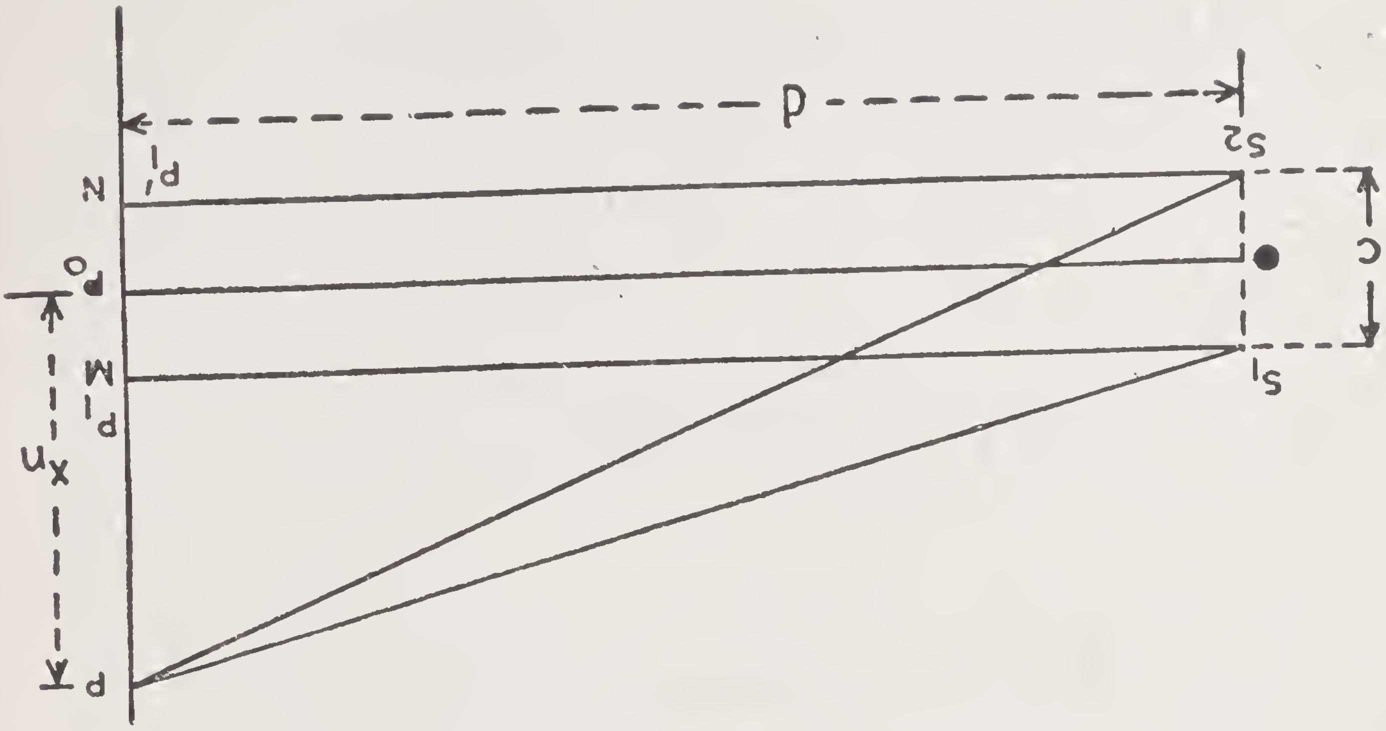
4) ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ತೆರೆಯು ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ದೂರ (1 ಮೀಟರ್ ಅಥವಾ ಹೆಚ್ಚು) ದಲ್ಲಿರಬೇಕು.

5) ಒಟ್ಟುಗೂಡುವ ಅಲೆಗಳು ಅತಿ ಸಮೀಪ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಥವಾ ಅವುಗಳ ಅಲೆ ಮುಖಗಳು ಸಂಧಿಸುವ ಕೋನವು ಬಹಳ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರಬೇಕು.

ಈ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು ನಾವು ಒಂದು ವ್ಯತಿಕರಣದ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಆ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಪಟ್ಟಿಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರ (ಅಥವಾ ಅಗಲ)ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಈಗ ರೂಢಿಸಬಹುದು.

4.5. ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಂತರ-ಸೂತ್ರ–

s_1 ಮತ್ತು s_2 ಗಳು ಎರಡು ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು λ ಆಗಿರಲಿ. $s_1 s_2 = c$.



ಚಿತ್ರ 4.2

xx^1 ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಅದರ ದೂರವು d ಆಗಿರಲಿ.

$$s_1 o = s_2 o = c/2 \qquad p_0 p = x_n$$

$$o p_0 = d. \qquad p_0 p^1 = x_{n+1}$$

p ಎಂಬುದು ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಯಾಗಿದ್ದು ಅದಕ್ಕಿಂತ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಯು p^1 ಆಗಿರಲಿ.

p_1, p_2........ಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗಳಾಗಿ, p_0 — ಮಧ್ಯ ಪಟ್ಟಿ ಯಾದರೆ.

$$s_1 p_0 = s_2 p_0.$$

$$s_2 p_1 - s_1 p_1 = \lambda \quad \text{(1 ನೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿ)}$$

$$s_2 p_2 - s_1 p_2 = 2\lambda \quad \text{(2ನೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿ)}$$

$$s_2 p - s_1 p = n\lambda \quad (n - \text{ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿ})$$

$$s_2 p^1 - s_1 p^1 = (n+1)\lambda \; [\,(n+1) \text{ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿ}]$$

ಇದೇ ರೀತಿ, 0 ನಿಂದ ಕೆಳಗೆ $p_1{}^1, p_2{}^1$......ಗಳು ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ p ಎಂಬುದ n — ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಯಾದರೆ.

$$s_2 p - s_1 p = n\lambda \quad \text{ಆಗಬೇಕು.}$$

ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಸಾಧಿಸಿದೆ.

S_1M ಮತ್ತು S_2N ಗಳು xx'ಗೆ ಲಂಬ ರೇಖೆಗಳಾಗಿರಲಿ.

$$s_1 p^2 = s_1 M^2 + M p^2$$
$$= d^2 + (x_n - c/_2)^2 \quad [o\ p = x_n\ ;\ p_0 M = c/_2]$$

ಹಾಗೆಯೇ

$$s_2 p^2 = d^2 + (x_n + c/2)^2.$$
$$(s_2 p^2 - s_1 p^2) = (x_n + c/2)^2 - (x_n - c/2)^2$$
$$= 2x_n c.$$
$$i\text{–}e,\ (s_2 p - s_1 p)(s_2 p + s_1 p) = 2x_n \cdot c.$$

ಆದರೆ $s_2 p + s_1 p \ldots . 2\ d\cdot$ (ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.)

$$\therefore \quad (s_2 p - s_1 p) = \frac{2x_n c}{2d} = \frac{x_n \cdot c}{d} = n\lambda\cdot$$

$$\therefore \quad x_n = n\ \lambda \cdot \frac{d}{c} \qquad (4.6)$$

$$p_0 p^1 = x_{n+1} = (n+1)\ \lambda\ \frac{d}{c}$$
$$pp^1 = (p_0 p^1 - p_0 p) = (x_{n+1} - x_n)$$
$$= W = \text{ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಂತರ} = \lambda \frac{d}{c} \qquad (4.7)$$

ಈ ವ್ಯತಿಕರಣ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಪ್ರಕಾಶ ರೇಖೆಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಹಂಚಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗೂ ಅದರ ಮುಂದಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗೂ ಇರುವ ಅಂತರವು ನಿಯತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. a ಮತ್ತು c ಗಳು ಬದಲಾಗದಿದ್ದರೆ, ಈ ಅಂತರವು ತರಂಗ ದೂರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು ನೀಲಿ ಅಂಚಿನ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಕೆಂಪು ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಗಲವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, 'a' ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, 'c' ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯೂ ಇದ್ದಷ್ಟು, ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಗಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡಬಹುದು.

ಉದಾಹರಣೆ

ಸೋಡಿಯಂ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರ $= 5890 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ. ಮೀ.

$a = 0.2$ ಸೆಂ. ಮೀ. (ಎರಡು ಸಂಸಕ್ತ ಮೂಲಗಳ ಅಂತರ)

$a = 100$ ಸೆಂ. ಮೀ. (ಪರದೆಯ ದೂರ) ಆದರೆ

$$w = \frac{5890 \times 10^{-3} \times 100}{0.2} \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.} = 0.02945 \text{ ಸೆಂ.ಮೀ.}$$

$$= 0.2945 \text{ ಮಿ. ಮೀ.}$$

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ನಾವು ಸುಸಜ್ಜಿತವಾದ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ಒಂದು ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಕೆಳಗಿನ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

1) ಮೂಲ ಬೆಳಕು ಏಕವರ್ಣದ್ದಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು.

2) ಒಂದು ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಸೂಕ್ತ ಸಾಧನಗಳಿಂದ ಎರಡು ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ಸಂಸಕ್ತ ಮೂಲ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬೇಕು.

3) ಈ ಎರಡು ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳ ಅಂತರವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು.

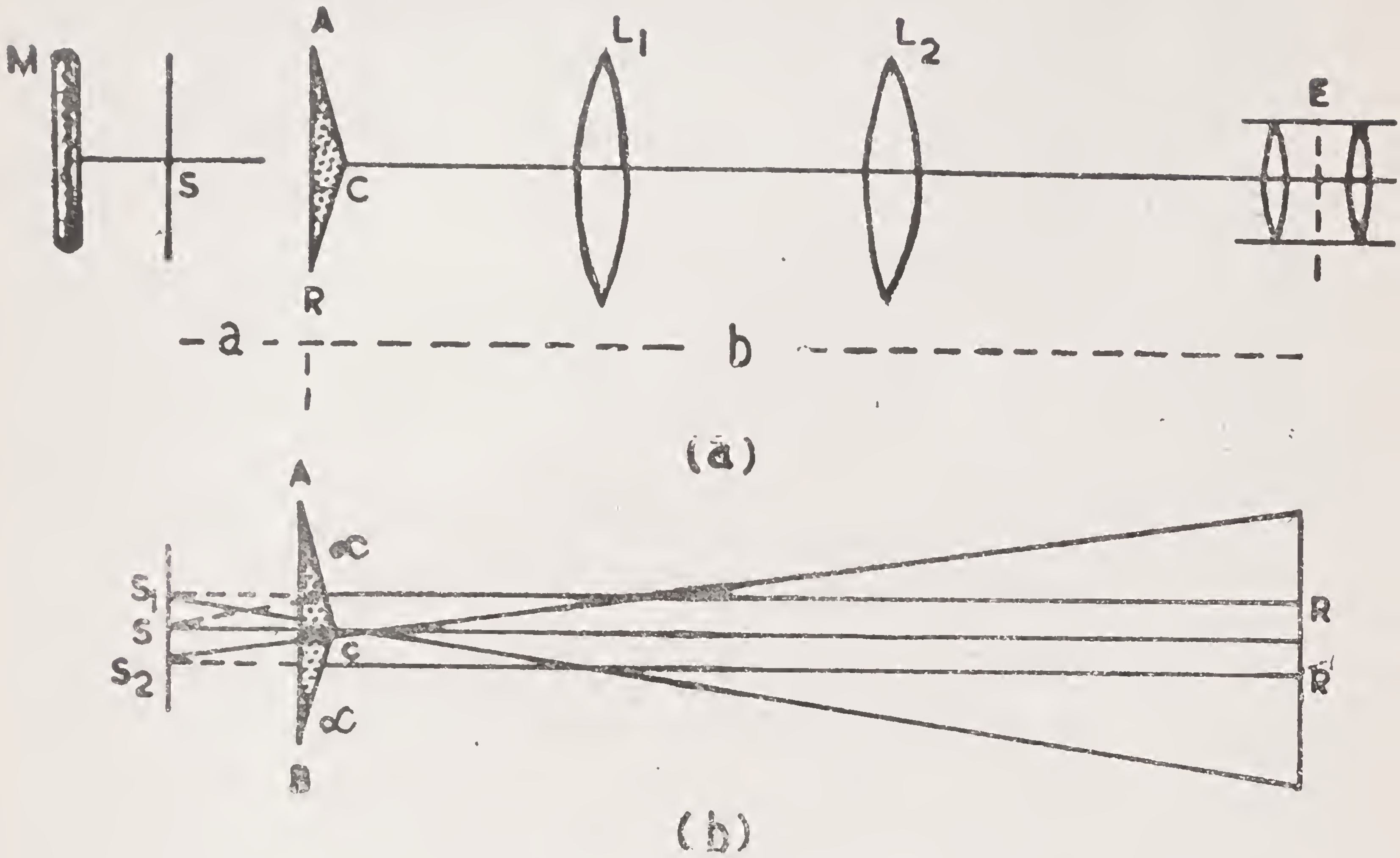
4) ಪರದೆಯ ದೂರವು, ಈ ಕೇಂದ್ರಗಳಿಂದ, ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು.

ಈ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗದ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ 'ಫ್ರನಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ'ದ್ವಯವೆಂಬ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈಗ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ವಿಮರ್ಶಸಬಹುದು.

4.6. ಫ್ರನಲ್-ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆದ್ವಯದ ಪ್ರಯೋಗ

ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಒಂದು ದೃಕ್ ಪ್ರಯೋಗ ಬೆಂಚಿನ (Optical Bench) ಮೇಲೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಉಪಕರಣಗನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಮಾಡಬೇಕು. ಘನವಾದ ಲೋಹದ ಸುಮಾರು $1\frac{1}{2}$–2 ಮೀಟರ್ ಉದ್ದದ ಸಮತಲದ ತಳ (horizontal bed of metal) ವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾದ ಆಧಾರ ಸ್ಥಂಭಗಳ ಮೇಲೆ ನೆಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉದ್ದಕ್ಕೆ ಸೆಂ. ಮೀ., ಮಿ. ಮೀ. ಅಂಶಗಳ ಅಳತೆ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಕೊರೆದಿರುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಇನ್ನೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳತೆಗಳನ್ನು



ಚಿತ್ರ 4.3 ಫ್ರನಲ್ . ಬೈ–ಪ್ರಿಸಂ

ಮಾಡಲು ವರ್ನಿಯರ್ ಎಂಬ ಸಹಾಯಕ ಅಳತೆಯ ಸಾಧನವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಉದ್ದ ಲೋಹದ ತಳದ ಮೇಲೆ 4–5 ಉದ್ದನೆಯ ಲೋಹ ಸ್ಥಂಭಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಸರಾಗವಾಗಿ ಬೆಂಚಿನ ಮೇಲೆ ಚಲಿಸಲು ಆವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದಕ್ಕೂ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಸೂಚಿಗಳನ್ನೂ ಜೋಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಂಭಗಳಿಗೆ (up–rights) ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಬಹುದು. ನಮಗೆ ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಮೂಲ ಸೀಳುಗಂಡಿಯನ್ನು (S) ಬಂಧಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದನ್ನೂ, ಫ್ರೆನಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ನೆಡಲು ಮತ್ತೊಂದನ್ನೂ, (B) ಮಸೂರಗಳಿಗೆ ಒಂದನ್ನೂ, (L) ಮತ್ತು ವೀಕ್ಷಕ ಕಣ್ಣು ಮಸೂರ (E) (eye–piece) ಕ್ಕೆ ಒಂದನ್ನೂ ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಂಭಗಳನ್ನು ಅಡ್ಡಡ್ಡ ಲಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆಯೂ, ಓರಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವಂತೆಯೂ ಸಹಾಯಕ ವಾಗುವ ತಿರುಪುಗಳು ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ಈಗ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಿವಿಧ ಅಂಗಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸ ಬಹುದು. (ಚಿತ್ರ 4.3) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಬೆಳಕಿನ ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರ (M)ವು ಒಂದು ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪ. ಇದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು ಒಂದೇ ಇರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು. (Mono chromatic) ಇದು ಲೋಹದ ಬೆಂಚಿನ ಒಂದು ತುದಿಯ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದರ ಕಿರಣಗಳು 'S' ಎಂದು

ತೋರಿಸುವ ಸ್ಥಂಭದ ಮೇಲಿರುವ ಸೀಳುಗಂಡಿ (Slit) ಯ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅಗಲವನ್ನು ತಿರುಪುಗಳ ಮೂಲಕ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

'S' ನಿಂದ ಹೊರಟ ಬೆಳಕು ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ (ಸುಮಾರು 10 ಸೆಂ. ಮೀ.) ರುವ ಫ್ರೆನಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ (B) ಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆಯ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ [4.3 (4)] ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, s ನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕರಣಗಳು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಎರಡು ಭಾಗಗಳ ಮೇಲೆಯೂ ಬಿದ್ದು ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳು ಎರಡು ಸಮೀಪ ಕೇಂದ್ರಗಳಾದ s_1 ಮತ್ತು s_2 ನಿಂದ ಅಪಸರಣ ಹೊಂದುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ, s ಗೆ ಎರಡು ಮಿಥ್ಯಾ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದಂತಿರುವ ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾದಹಾಗಾಯಿತು. ಇವುಗಳು ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಅಂತರವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ (ACA^1) ಯನ್ನು ACD ಮತ್ತು A^1CD ಗಳಾದ ಎರಡು ಸಣ್ಣ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ತಳ (CD) ದಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. A ಮತ್ತು A^1 ಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಕ್ರೀಕರಣ ಕೋನಗಳು (α) (Refracting angles) ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣ ಅಂದರೆ, 20^1, ಅಥವಾ 30^1 ಗಳೆಂದು ತಿಳಿದರೆ, ACA^1 ಕೋನವು $179^0 20^1$, ಅಥವಾ 179^0 ಅಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿದ್ದರೆ, $s_1 s_2 = c$ ಬಹಳ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣವಾಗುತ್ತದೆ. $a = SB = 10$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿ; $\alpha = 30^1 (\frac{1}{2}^0)$ ಆದರೆ,

$$\mu = \text{ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಗಾಜಿನ ಭಂಗ ಸೂಚಕಾಂಕ} = 1.5,$$

$$c = 2(\mu - 1) \cdot \alpha \cdot a \qquad (4.8)$$

$$S_1S_2 = c = \left[2 \times (1.5-1) \times \tfrac{1}{2} \times \frac{\pi}{180} \times 10\right] \text{ ಸೆಂ.ಮೀ.}$$

$$= \underline{0.087} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ.}$$

ಇದರಿಂದ ಮೊದಲನೆಯ ಮುಖ್ಯ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ್ದಾಯಿತು.

B ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಎರಡು ಕಿರಣ ಸಮೂಹಗಳು S_1 ಮತ್ತು S_2 ಕೇಂದ್ರಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದಂತೆ ಆಗಿ, ಇವುಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಆವುಗಳ ಸಂಧಿಸುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಣ್ಣು ಮಸೂರ (E) ದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಉದ್ದವಾಗಿರುವ ಸಮಾನಾಂತರ ವ್ಯತಿಕರಣ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ಮಸೂರವನ್ನೂ ಒಂದು ಸ್ಥಂಭದ ಮೇಲೆ ಅಳವಡಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಬೆಂಚಿನ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ತಿರುಪುಗಳಿರುತ್ತವೆ. ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉದ್ದನೆಯ ರೋಮದೆಳೆ (Cross-hair) ಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ

ಅಡ್ಡಡ್ಡಲಾಗಿ ಪಲ್ಲಟವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತಿರುಪು ಸಾಧನವಿದೆ. (micrometer screw) ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ರೋಮದೆಳೆಯನ್ನು ಒಂದಾದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ವ್ಯತಿಕರಣ ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಗುರುತು ಮಾಡಬಹುದು. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವ್ಯತಿಕರಣ ರೇಖೆಗಳ ನಡುವಣ ಅಗಲವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಪ್ರಯೋಗವು ಫಲಕಾರಿಯಾಗಿ ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಕೆಲವು ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ಕ್ರಮಗನ್ನು ಕೈಗೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿದೆ.

1. ಸೀಳು ಗಂಡಿ (S) ಯು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿಯೂ, ಬೆಂಚಿನ ತಳಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ, ನೇರವಾಗಿಯೂ (narrow and vertical) ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

2. ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ (B) ಅಂಚು (Edge) ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದು, S ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಲ್ಲಿದ್ದು, ಒಂದೇ ದೃಷ್ಟಿ ನೇರದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಇವುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ತಿರುಪುಗಳಿರುವುದರಿಂದ ಸರಿಯಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಬಹುದು.

3. B ಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕಣ್ಣು ಮಸೂರದ ಸ್ಥಂಭವನ್ನು ಸರಿಸಿ, ಅದರಲ್ಲಿರುವ ರೋಮದೆಳೆಯು ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, S, B ಗಳ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

4. ಹೀಗೆ ಎಲ್ಲ ಕ್ರಮಗಳು ಸರಿಯಾಗಿ ಸಜ್ಜಿತವಾದರೆ, ವ್ಯತಿಕರಣದ ಹಲವಾರು ಪಟ್ಟಿಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಬರುತ್ತವೆ. ನಿಧಾನವಾಗಿ, ಈ ಮಸೂರವನ್ನು ದೂರ ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಂತರವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಅಡ್ಡಡ್ಡಲಾಗಿ ಪಲ್ಲಟವಾಗದೆ ಇರಬೇಕು.

5. ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ಸೀಳು ಗಂಡಿ (S) ಯ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿ, ಅದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವಾಗ, ವೀಕ್ಷಕ ಮಸೂರವನ್ನು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯಿಂದ ಸುಮಾರು 30–40 ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿ ಆ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟೆಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ, ತಿರುಪಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ರೋಮದೆಳೆಯನ್ನು ಒಂದೊಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆಯೂ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡಬೇಕು. ಇವುಗಳಿಂದ ಒಂದು ಪಟ್ಟೆಯ ಅಗಲ w_1 ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$w_1 = ..$
$SB = a$
$BE = b$ ಆದರೆ,

$$w_1 = \lambda \cdot \frac{(a+b)}{c} \quad \text{ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (4.8)$$

ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ E ಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿ, ಈ ಜಾಗದಲ್ಲಿಯೂ ಹಿಂದಿನಂತೆಯೇ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಪಟ್ಟಿಯ ಹೊಸ ಅಗಲ ಪ್ರಮಾಣ (w_2) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಈಗಲೂ, $BE = b^1$ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದರೆ

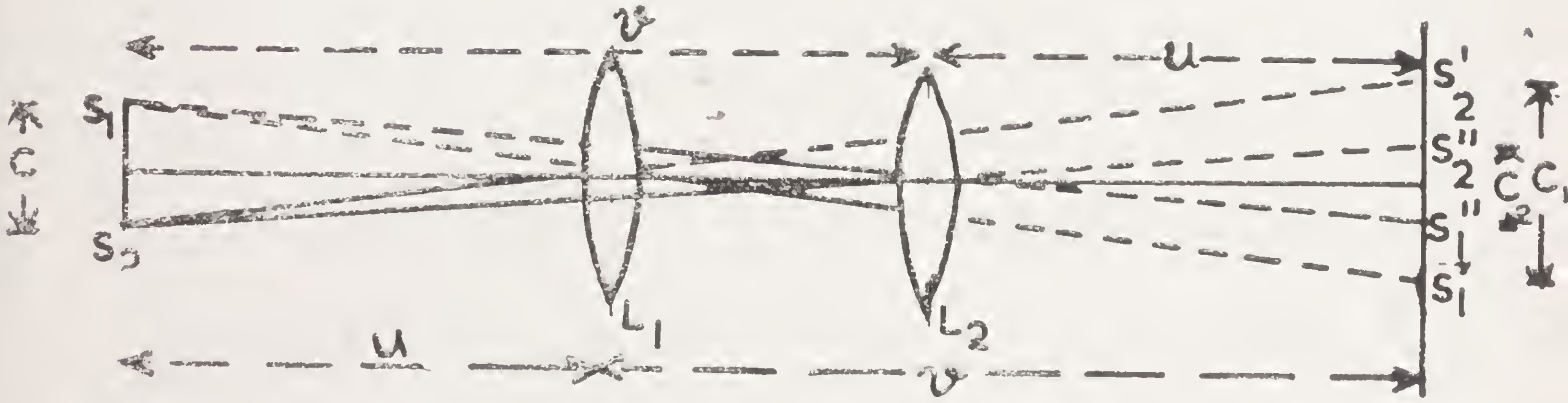
$$w_2 = \lambda \cdot \frac{(a+b^1)}{c}$$

$$\therefore \quad (w_2 - w_1) = \frac{\lambda\ (b^1 - b)}{c} \qquad (4.9)$$

$(b^1 - b) =$ E ಯ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಗಳ ನಡುವಣ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ನೇರಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದು ಸುಲಭವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು x ಎಂದು ಇಟ್ಟರೆ

$$\therefore \quad \lambda = \frac{(w_2 - w_1)\ c}{(b^1 - b)} = \frac{c \cdot (w_2 - w_1)}{x} \quad \text{ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (4.10)$$

5. ಈಗ $S_1S_2 = c$ ಎಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಂತರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿ S ಮತ್ತು B ಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಜರುಗಿಸಕೂಡದು. ಕಣ್ಣು ಮಸೂರ (E) ದ ಸ್ಥಂಭವನ್ನು ದೂರಕ್ಕೆ



(c)

[ಚಿತ್ರ 4.3 (c)]

ಸರಿಸಿ ಇಡಬೇಕು. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಪೀನ ಮಸೂರ (L) ವನ್ನು ನೆಟ್ಟಿರುವ ಸ್ಥಂಭ

ವನ್ನು ಇಟ್ಟು B ಯಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪವಾಗಿ ಜರುಗಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, L_1 ಎಂಬ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ 'E' ಯ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಎರಡು ಉದ್ದನೆಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಣ ಬರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ $S_1'S_2'$ ಆದರೆ, ಇವುಗಳ ಅಂತರವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತಿರುಪನ್ನು ತಿರುಗಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$S'_1 S'_2 = c_1 =$$

$$S_1'' S_2'' = c_2 =$$

ಇವುಗಳಿಂದ $S_1 S_2 = c$ ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

$$c = \sqrt{c_1 c_2}$$

[ಇದು ಮಸೂರದ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ 4.3 (c)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ

$$\left.\begin{array}{l} SL_1 = u \\ L_1E = v \end{array}\right. \text{ ಆದರೆ, } \quad \frac{c_1}{c} = \frac{v}{u}$$

$$\text{ಹಾಗೆಯೇ } \left.\begin{array}{l} SL_2 = v \\ L_2E = u \end{array}\right\} \text{ ಆಗಿ, } \quad \frac{c_2}{c} = \frac{u}{v} \; \therefore$$

$$\therefore \; \frac{c_1 c_2}{c^2} = 1, \; c = \sqrt{c_1 c_2}$$]

6. ಈ ಎಲ್ಲ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ,

$$\lambda = \frac{(W_2 - W_1)}{x} \sqrt{C_1 C_2} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.}$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ (λ) ವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು. (4.11)

7. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಫ್ರೆನಲ್–ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆದ್ವಯದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಳಗೆ ಕಂಡು ಅಳತೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಪ್ರಕಾಶಿತ ಗಂಡಿಗೂ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಗೂ ಇರುವ ದೂರ = 10 ಸೆಂ. ಮೀ. ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯಿಂದ 70 ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಟ್ಟೆಯ ಅಗಲವು 0.472 ಮಿ. ಮೀ. ಆಗಿಯೂ, 90 ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ 0.590 ಮಿ.ಮೀ. ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದಿತು. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಪೀನಮಸೂರವನ್ನು

ಇಟ್ಟು ಅದರ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳ ಅಂತರಗಳು 1.5 ಮಿ.ಮೀ. ಮತ್ತು 0.67 ಮಿ.ಮೀ.ಗಳಾಗಿಯೂ ಇದ್ದುವು. ಹಾಗಾದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವೇನು ?

ಮೇಲಿನ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ,

$W_1 = 0.472$ ಮಿ.ಮೀ. $= 0.0472$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$W_2 = 0.590$ " $= 0.0590$ "

$x = 20$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$C_1 = 0.15$ "

$C_2 = 0.067$ "

ಆದ್ದರಿಂದ, $\lambda = \frac{W_2 - W_1}{x} \sqrt{c_1 c_2}$

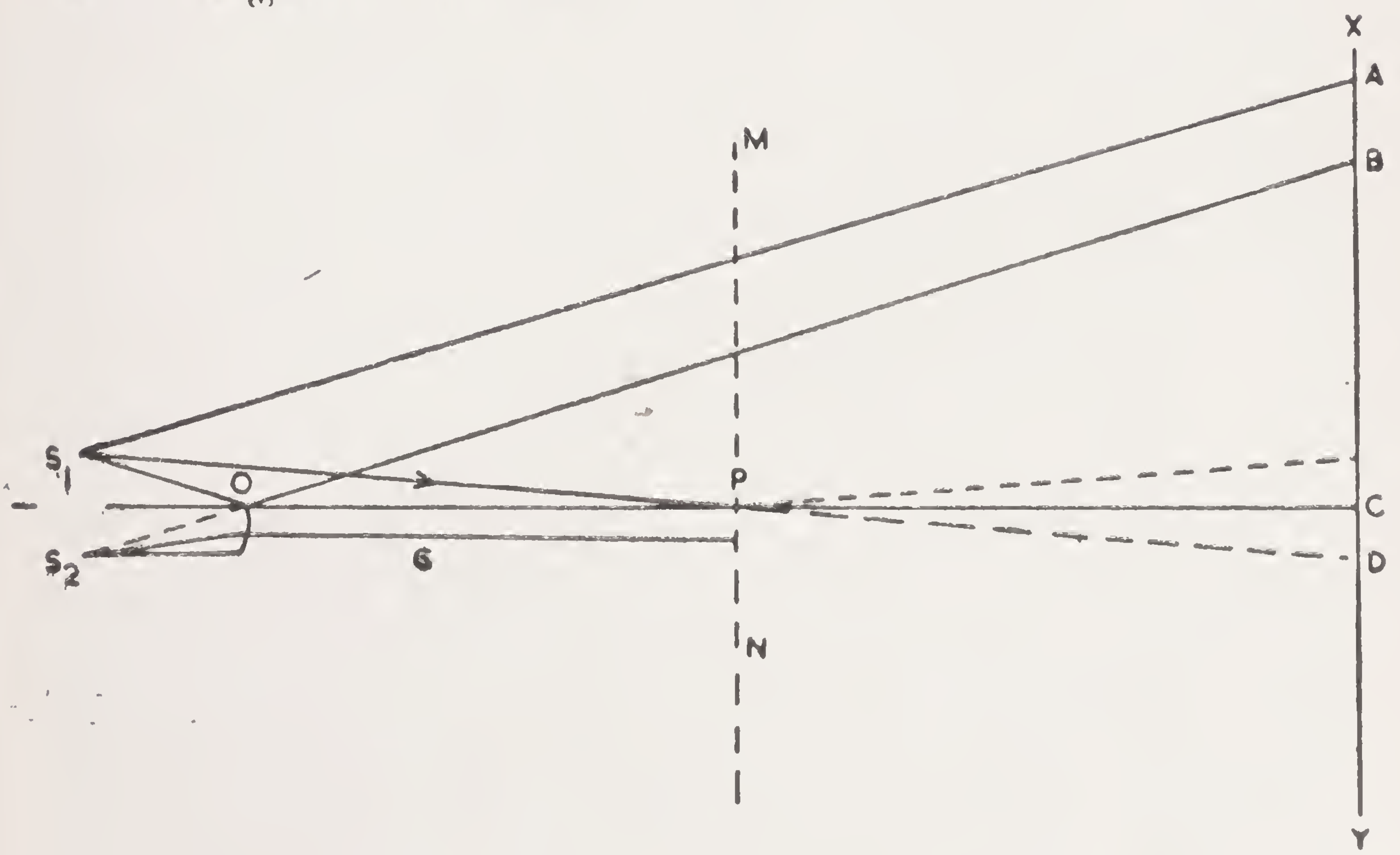
$= \frac{0.0118 \times \sqrt{0.15 \times .067}}{20}$

$= 5.9 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$= 5900 \times 10^{-8}$ "

$= 5900$ A″ (ಸುಮಾರು)

4.7. ಲ್ಲಾಯಿಡ್ ದರ್ಪಣ



ಚಿತ್ರ 4.4 ಲ್ಲಾಯಿಡ್ ದರ್ಪಣ

ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿ, ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ಬೆಳಕಿನ

ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು, ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ಫ್ರೆನಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟಿದ್ವಯಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಸರಳವಾದ ವಿಧಾನದಿಂದ ಲ್ಲಾಯಿಡ್ ದರ್ಪಣವೆಂಬ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (4.4) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

G ಎಂಬುದು ಒಂದು ಉದ್ದನೆಯ ಗಾಜಿನ ದರ್ಪಣ. ಇದರ ಮೇಲಿನ ತಲ(0P)ದಿಂದ ಬೆಳಕು ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಇದರ ಒಂದು ಅಂಚು 0ಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮೇಲೆ ಇರುವಂತೆ S_1 ಎಂಬ ಒಂದು ಸೀಳುಗಂಡಿಯಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು λ ತರಂಗಾಂತರದ ಒಂದು ಮೂಲದೀಪದಿಂದ ಪ್ರಕಾಶಿಸಬಹುದು. S_1 ನಿಂದ ಹೊರಟ ಕಿರಣಗಳು ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ S_2 ಎಂಬ ಮಿಥ್ಯಾ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು 0P ಯ ಕೆಳಗಡೆ ಅದೇ ದೂರದಲ್ಲಿಯೇ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (4.4) ತೋರಿಸಿರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ S_1 ಮತ್ತು S_2 ಗಳ ಅಂತರವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದು ಇವುಗಳೇ ಸಂಸಕ್ತ ಮೂಲಸ್ಥಾನಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, S_1 ಮತ್ತು S_2 ಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಇರುವ (xy) ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಸಂಘರ್ಷಿಸುವಾಗ, ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳು BC ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ.

ಈ ದರ್ಪಣವನ್ನು ಫ್ರೆನಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟಿದ್ವಯಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿರುವ (4.6) ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ವಿವರಣೆಯೆಲ್ಲ ಇದಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ ಅವುಗಳ ಅಗಲವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ವೀಕ್ಷಕ ಕಣ್ಣು ಮಸೂರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಈ ಎಲ್ಲ ಅಳತೆಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಇದ್ದಂತೆಯೇ

$$\lambda = \frac{W\sqrt{c_1 c_2}}{(a \times b)} \qquad (4.12)$$

ಸೂತ್ರವನ್ನೇ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ಎರಡು ವಿಶೇಷಾಂಶಗಳನ್ನು ನಮೂದಿಸಬಹುದು.

(i) ತೆರೆಯಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಒಂದು ಕೇಂದ್ರದ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಕಡೆ ಮಾತ್ರ ಅಂದರೆ CB ಕಡೆ ಮಾತ್ರ (ದರ್ಪಣದ ಮೇಲ್ಮೆ 0P ಯ ಮೇಲೆ) ಕಾಣಬಹುದು.

(ii) ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ತೆರೆಯನ್ನು P ಅಂಚಿಗೆ ಸರಿಸಿ, MN ನಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, P ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಪ್ಪು

ಪಟ್ಟಿಯು ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರ S_1 ನಿಂದ ಹೊರಟ ಅಲೆಗಳೂ, ಅದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ S_2 ನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳೂ ಸಂಘಟಿಸಿ ಒಂದೆ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವಂತಿದ್ದರೂ, ಪ್ರತಿರೋಧದ ದೆಸೆಯಿಂದ ಕಪ್ಪು ಪ್ರದೇಶವಾಗುತ್ತದೆ, ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಒಂದು ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮಾತ್ರದಿಂದಲೇ, π ಪ್ರಮಾಣದ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಏರ್ಪಡುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ $S_1P = S_2P$ ಆದರೂ, ಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ $\frac{\lambda}{2}$ ದೂರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ಶಿಖರವು ಪ್ರತಿಫಲನವಾದ ಮೇಲೆ ತಗ್ಗಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಅದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದರಿಂದಲೂ, ಇನ್ನೂ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ದರ್ಪಣದ್ವಯ, ಭಗ್ನಮಸೂರ ವೆಂಬ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದಲೂ, ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಇವು ಗಳು ಅಲೆಯ ಮುಖದ ವಿಭಾಗದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ. ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯದ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು.

4.8 ಬಿಳುಪು ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪರಿಣಾಮ

ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕಿನ ಬದಲಾಗಿ, ಎಲ್ಲ ತರಂಗಾಂತರಗಳೂ ಇರುವ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ಆಕೃತಿಯ ರೂಪವೇನು ? ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನ ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ $8 \cdot 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಮತ್ತು ನೇರಳೆ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ 4×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ತರಂಗ ದೂರಗಳಿದ್ದು ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ವಿವಿಧ ವರ್ಣಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ತರಂಗ ದೂರಗಳು ಅಡಗಿವೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಸೇರುವುದರಿಂದ ಅಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿಳಿ ಕೇಂದ್ರವಿರಬೇಕು. ಇದರ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದ ವರೆಗೆ ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಕಂಡು ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರವಾದ ಮೇಲೆ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಬಣ್ಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಒಂದೇ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಸಂಘರ್ಷಿಸುವಾಗ, ಒಂದು ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರದೇಶವಾಗಿಯೂ, ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವಿರುವಂತೆಯೂ ಇದ್ದರೆ,

ಆ ಒಂದು ಬಣ್ಣದ ಅಭಾವದಿಂದ ಉಳಿದ ಬೆಳಕು ಬೇರೆ ಬಣ್ಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಎರಡು ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರದ ದೂರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (Path difference) ವು 2×10^{-5} ಸೆಂ. ಮೀ. ಆದರೆ, ಇದು $\frac{\lambda_v}{2}$ (ನೇರಳೆಯ ತರಂಗಾಂತರ λ_v) ವಾಗಿ, ಇರುವುದರಿಂದ ಆ ಬಣ್ಣದ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದು ಕೆಂಪುಛಾಯೆಯಾಗಿ ಇರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. 4×10^{-5} ಸೆಂ. ಮೀ. ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ, ಇದು $\frac{\lambda r}{2}$(λ_r= ಕೆಂಪು ಅಲೆಯ ತರಂಗಾಂತರವಾಗಿ, ಅದು ಅಭಾವವಾಗಿಯೂ, λ_v ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದು ಉಚ್ಚ ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ನೇರಳೆಯು ಪ್ರಧಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಒಂದೇ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸಂಘರ್ಷಿಸುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಂದ ವಿವಿಧ ವರ್ಣಗಳಿರುವಂತೆ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ.

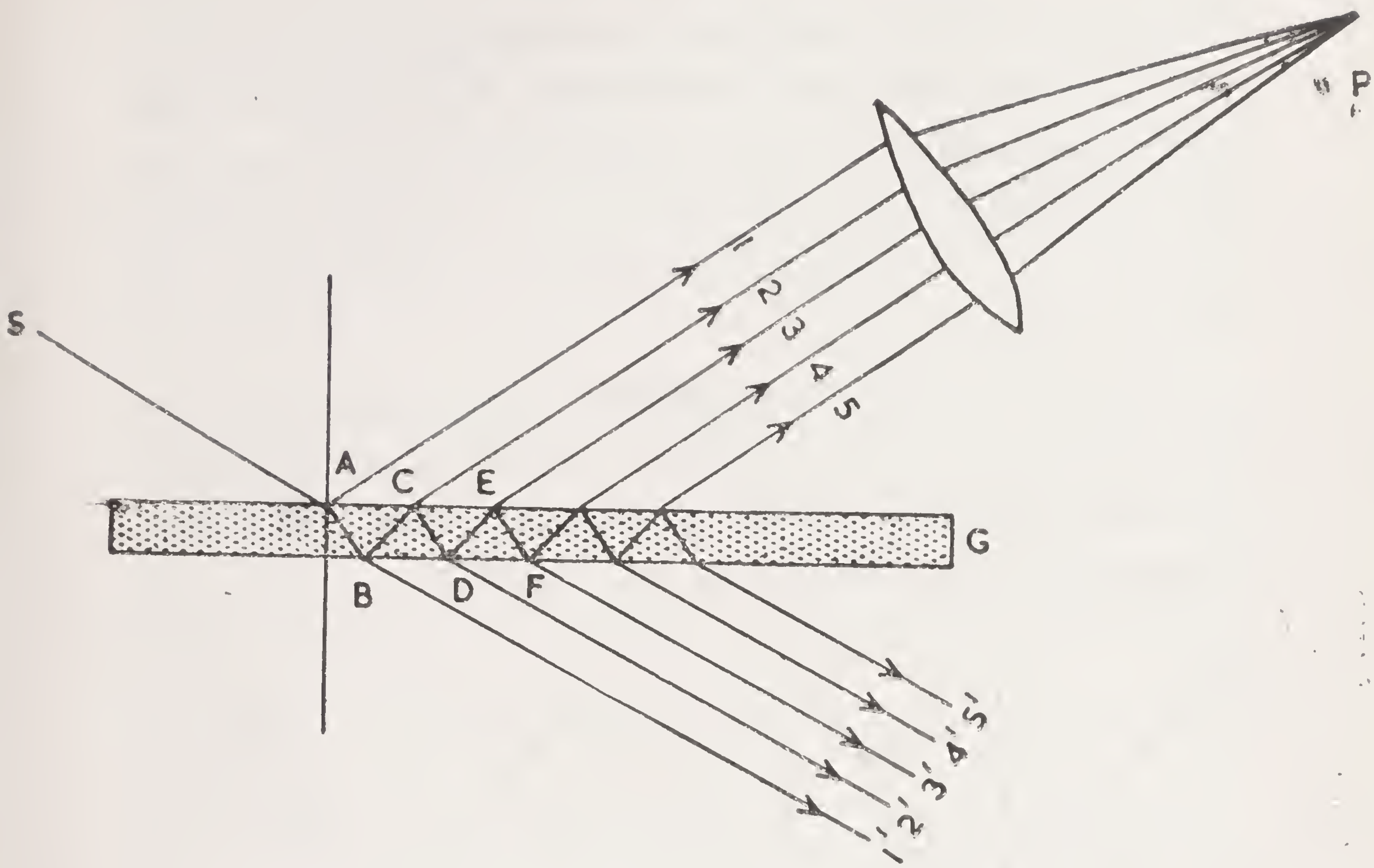
ಆದ್ದರಿಂದ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ, ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ವರ್ಣರಂಜಿತ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

4.9 ತೆಳುವು ಪರೆಗಳ ವರ್ಣವಿನ್ಯಾಸಗಳು

ಒಂದು ಪಾರದರ್ಶಕ ವಸ್ತುವಿನ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಪರೆಯ ಎರಡು ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಬಹುಗುಣ ಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ ಕೆಲವು ಸೊಗಸಾದ ವರ್ಣವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳು ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪರಿಣಾಮವೇ ಇದನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲೂ, ವೀಕ್ಷಿಸಲೂ, ವಿಶೇಷ ಉಪಕರಣಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲ. ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ಇರುವ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಎಣ್ಣೆಯ ಪರೆಗಳು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಬಣ್ಣಗಳೂ, ಸೋಪ್ ಬುದ್ಬುದಗಳಿಂದ ಕಾಣಬಹುದಾದ ಬಣ್ಣಗಳು ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದವು.

G ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಿರುವ ತೆಳುವಾದ ಗಾಜಿನ ಫಲಕವಾಗಿರಲಿ. S ಎಂಬ ಮೂಲ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಹೊರಟ ಒಂದು ತರಂಗ ದೂರದ ಬೆಳಕು ಎಲ್ಲ ಕಡೆಯೂ ಪ್ರಸಾರವಾದಾಗ SA ಒಂದು ಪತನ ಕಿರಣವಾಗಿರಲಿ ಇದು ಮೇಲಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ I ಕಿರಣವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. SA ಕಿರಣದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಫಲಕದೊಳಗೆ ಹೊಕ್ಕು AB ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಕೃತವಾಗಿ, ಹಿಂದಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ I^1 ಕಿರಣವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳಬಹುದು.

ಇವೇ ಅಲ್ಲದೆ, AB ಕಿರಣದಿಂದ ಅಂತಃಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ BC ಕಿರಣವೂ ಇದರಿಂದ ಹೊರಗಡೆ 2 ಕಿರಣವು ಹೊರಬೀಳಬಹುದು. BC ಕಿರಣವು ಅಂತಃ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಿ CD ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿದ್ದು ಹಿಂದಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ 2′ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ



ಚಿತ್ರ 4.5 ತೆಳುವಾದ ಪರೆಯಲ್ಲಿ ಬಹುಗುಣ ಪ್ರತಿಫಲನ

ಹೊರಬೀಳಬಹುದು. ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿದರೆ, ಗಾಜಿನೊಳಗೆ ನಡೆಯುಬಹುದಾದ ಹಲವಾರು ಪ್ರತಿಫಲನಗಳಿಂದ ನಮಗೆ ಮೇಲುಗಡೆ ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವು 123456 ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಹಿಂಭಾಗದಲ್ಲಿ 1′2′3′4′5′ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ.

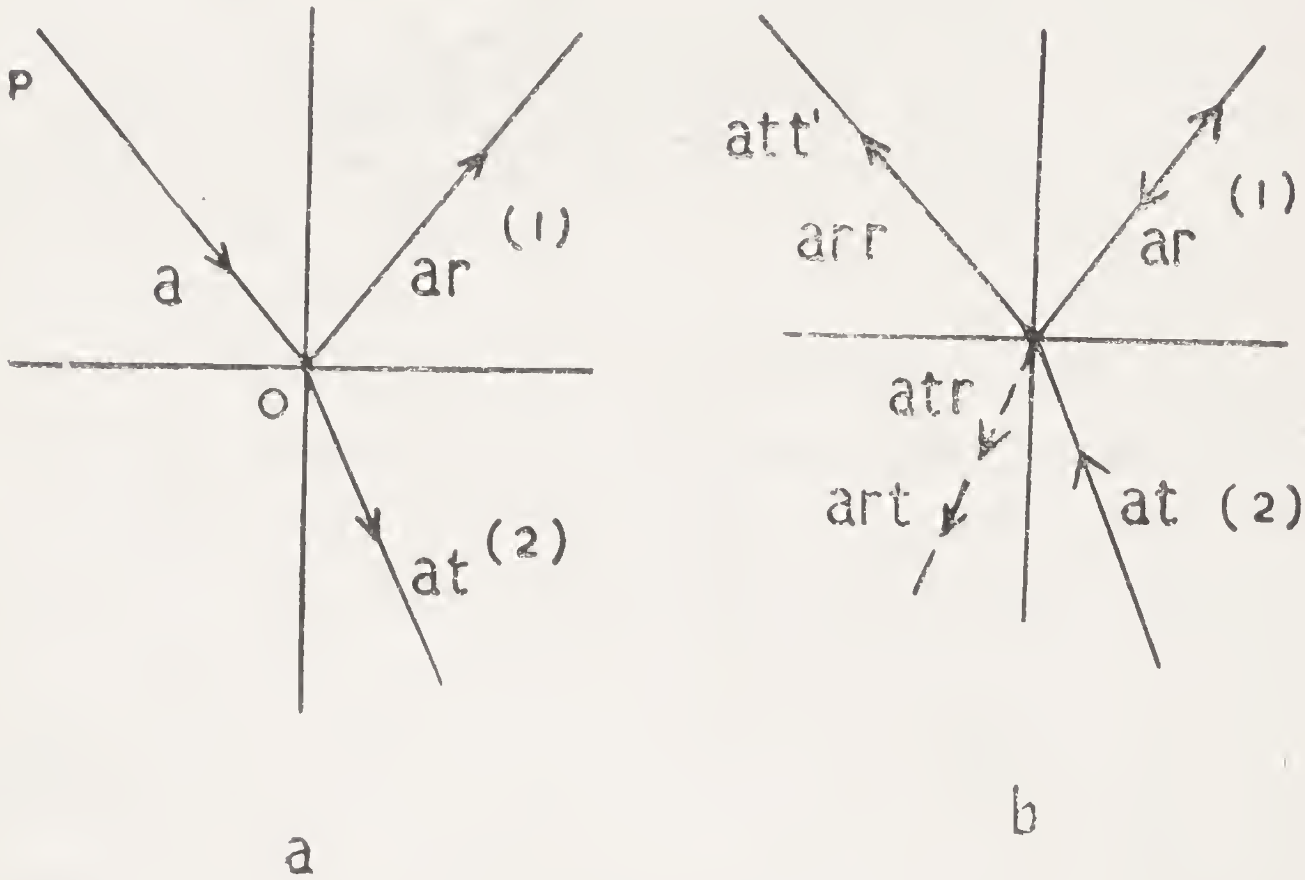
123–4-ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳು ನೆಲೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ L ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, P ಎಂಬ ಸಂಗಮ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಹಿಂದಿನ ನೆಲೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಂದಲೇ ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳು ಪ್ರತಿರೋಧದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. L ಮಸೂರಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ P ಎಂಬುದು ಅಕ್ಷಿಪಟ (Retina) ವಾಗಿ ವರ್ತಿಸಿ ಬಣ್ಣಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಈ ವ್ಯತಿಕರಣದ ತತ್ವವನ್ನು ಈಗ ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.

4.10. ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯದ ವಿಭಾಗ–ಸ್ಟೋಕ್ ನಿಯಮ

ಎರಡು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ಮೇಲ್ಮೈನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು

ಸಂಧಿಸುವಾಗ, ಎರಡನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ವೇಗವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಮೂಲ ಅಲೆ ಸಮೂಹವು ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಾಗಿ ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ ಮತ್ತೆ ಮೊದಲನೆಯ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ವಾಪಸಾಗುವುದು. ಎರಡನೆಯದು ಮತ್ತೊಂದು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ ವಕ್ರೀಕೃತವಾಗುವುದು. ಈ ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಲೆಯ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಯಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಸ್ಟೋಕ್ ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ವಕ್ರೀಕರಣದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಇವನ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ವಿಪರ್ಯಯನೀಯತೆ (Reversibility) ಯ ತತ್ತ್ವವೂ ಅಡಗಿದೆ



ಚಿತ್ರ 4.6 ಸ್ಟೋಕ್ ನಿಯಮ

ಚಿತ್ರ 4.6. (a) ದಲ್ಲಿ PO ನೇರದಲ್ಲಿ ಬರುತ್ತಿರುವ ಅಲೆಗಳು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ (1)ಮತ್ತು (2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗಳ ಸಂಧಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ವಕ್ರೀಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ–ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, OQ ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಕ ಅಲೆಗಳೂ OR ನೇರದಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಕೃತ ಅಲೆಗಳು ಸಾಗುತ್ತವೆ.

PO ನೇರದಲ್ಲಿ ನಿಪಾತವಾಗುವ ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು 'a' ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇದು ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಾಗಿ. ar ಎಂಬುದು ಪ್ರತಿಫಲಿಕ ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವೂ at ವಕ್ರೀಕೃತ ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವೂ ಆಗಬಹುದು.

r ಮತ್ತು t ಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ವಕ್ರೀಕರಣದ ಭಾಗಾಂಶಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು (Reflecting and transmitting Coefficients).

ಈಗ, ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ವಿಪರ್ಯಸೀಯತ್ವ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ಅಲೆಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳು ವಿರೋಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಮೂಲ ಅಲೆಗಳು ಬರಬೇಕು–ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 4.6 (1) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

(2) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಿಂದ 1ನೇ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ $\overrightarrow{RO}$ ನೇರದ ಅಲೆಗಳು ಸಾಗುವಾಗ ಇದರ ಎರಡು ವಿಭಾಗವಾಗಿ $\overleftarrow{OR'}$ ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಅಲೆಗಳೂ OP ನೇರದಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಕೃತ ಅಲೆಗಳೂ ಬರುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆಯೇ $\overrightarrow{QO}$ ನೇರದ ಅಲೆಗಳು OP ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿಯೂ, $\overrightarrow{OR'}$ ನೇರದಲ್ಲಿ ವಕ್ರೀಕೃತವಾಗಿಯೂ ವಿಭಾಗವಾಗುತ್ತವೆ.

(2) ರಿಂದ (1) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಸಾಗುವಾಗ, ವಕ್ರೀಕರಣಭಾಗಾಂಶವು t′ ಆಗಿಯೂ, ಪ್ರತಿಫಲನ ಭಾಗಾಂಶವು r′ ಆಗಿಯೂ ಇರಲಿ.

$\overrightarrow{RO}$ ನೇರದ (at) ಅಲೆಗಳಿಂದ $\overline{OR'}$ ನೇರದಲ್ಲಿ atr′ ಮತ್ತು $\overrightarrow{OP}$ ನೇರದಲ್ಲಿ att′ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. $\overrightarrow{QO}$ ನೇರದ (ar) ಅಲೆಗಳಿಂದ OR′ ನೇರದಲ್ಲಿ "—art ಮತ್ತು $\overrightarrow{OP}$ ನೇರದಲ್ಲಿ "— ar·r—-ಇವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, $\overrightarrow{OP}$ ನೇರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಅಲೆಗಳಿದ್ದು OR′ ನೇರದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಅಲೆಗಳೂ ಇರಕೂಡದು. ಆದ್ದರಿಂದ

$$at\,t^1 + ar^2 = a \tag{4.13}$$

$$\therefore \quad r^2 + tt^1 = 1$$

$$\underline{tt^1 = 1 - r^2} \tag{4.14}$$

ಮತ್ತು $at\,r^1 + art = 0$

$$\therefore \quad \underline{r^1 = -r} \tag{4.15}$$

ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡನೆಯ ಸೂತ್ರವು ನಮಗೆ ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. 1′e, $r^1 = -r$. ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಅಲೆಯ ಸಮೂಹವು ಹಗುರ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ

(1) ಯಿಂದ ಘನ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ (2) ಗೆ ಹೋಗುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವಾಗ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಭಾಗಾಂಶವು r ಆದರೆ, ಅದೇ ಅಲೆಯ ವಿರೋಧ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, ಘನಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಿಂದ (2) ಹಗುರ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ (1) ಹೋಗುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದರೆ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಭಾಗಾಂಶವು $-\underline{r}$ ಆಗಬೇಕು.

ಮೇಲಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ (1) ಗಾಳಿಯಾಗಿಯೂ, (2) ಗಾಜಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, (a) ನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ $\overrightarrow{PO}$ ಕಿರಣವು $\overrightarrow{OQ}$ ಕಿರಣವಾಗುವಾಗ, ಕಂಪನವೈಶಾಲ್ಯದ ಭಾಗಾಂಶವು r ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಹಿಂದಿನ ಲ್ಲಾಯಿಡ್ ದರ್ಪಣ ಉಪಕರಣದ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶದ ಪ್ರಕಾರ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಅಲೆಗಳ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ π ಪ್ರಮಾಣದ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ ಶಿಖರಗಳೆಲ್ಲ ತಗ್ಗುಗಳಾಗಿಯೂ, ತಗ್ಗುಗಳು ಶಿಖರಗಳಾಗಿಯೂ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ, ಘನಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಿಂದ ಹಗುರ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಹೋಗುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಭಾಗಾಂಶವು $(r^1) - r$ ಆಗಬೇಕು ಅಂದರೆ, ಯಾವ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಇರುವಹಾಗಿಲ್ಲ. ಶಿಖರವು ಶಿಖರವಾಗಿಯೇ, ತಗ್ಗು ತಗ್ಗಾಗಿಯೇ ಪರಿಣಮಿಸಬೇಕು. ಇದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮ. ಇದನ್ನು ಮುಂದೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇದನ್ನು ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು.

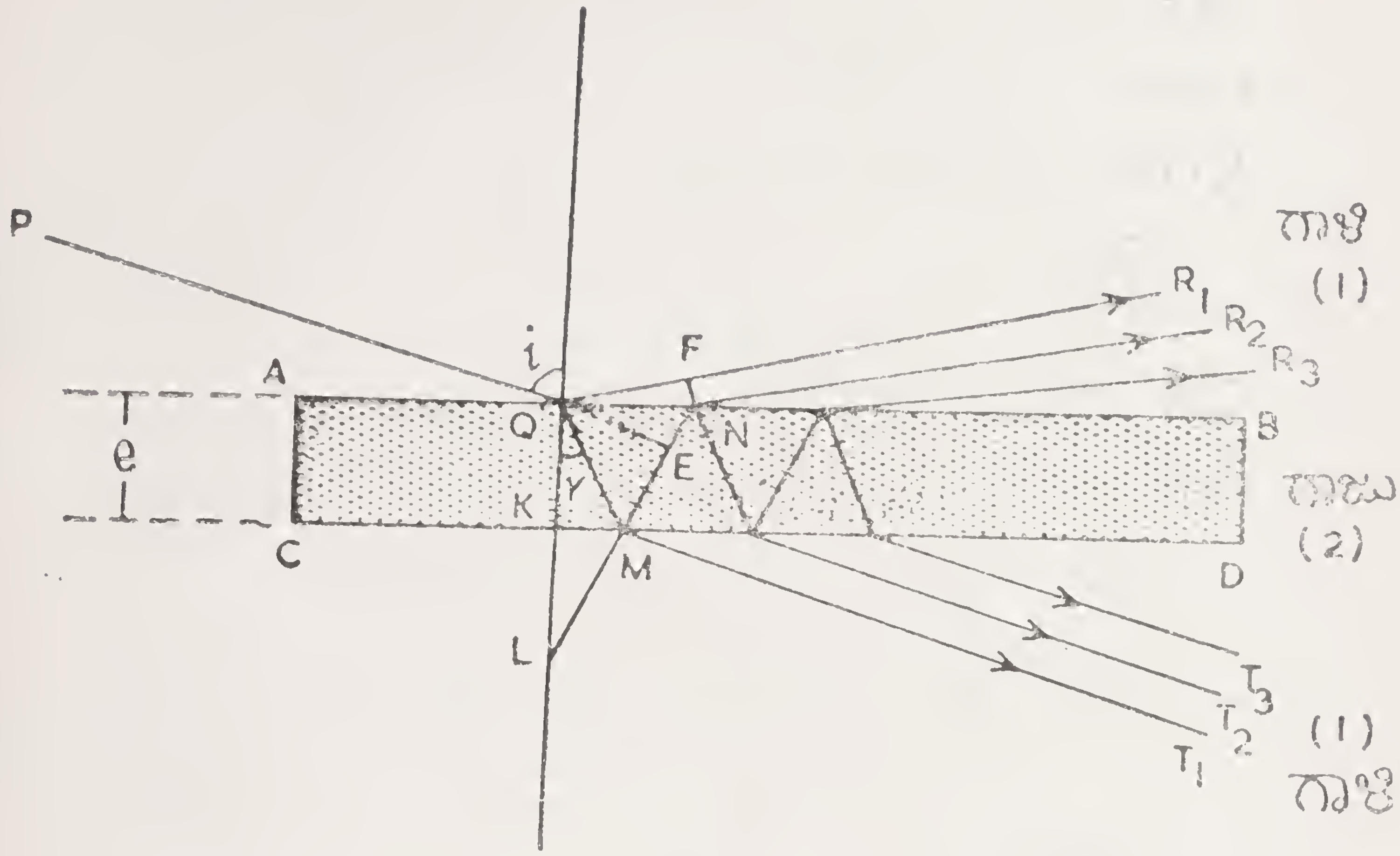
ಹಗುರ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಿಂದ ಘನಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಹೋಗುವಾಗ, ಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ, ನೆಲೆಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸ π. ಘನಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಿಂದ ಹಗುರವರ್ತಿಗೆ ಹೋಗುವಾಗ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲ.

4.11 ಸಮತಲದ ಸಮಾನಾಂತರ ತೆಳುವು ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕಿನ ಬಹುಗುಣ ಪ್ರತಿಫಲದ ಪರಿಣಾಮ

ABCD ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ ಪಾರದರ್ಶಕ ಫಲಕವಾಗಿರಲಿ (ಗಾಜು) ಇದರ ಅಗಲ AC = e ಆಗಿರಲಿ. (ಚಿತ್ರ 4.7)

ಫಲಕದ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಸೂಚನಾಂಕ $\underline{\mu}$ ಇರಲಿ.

PQ ಎಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ನಿಪಾತ ಅಲೆಗಳು AB ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಸಂಧಿಸಿದಾಗ, ಅದರಿಂದ, QR_1 ನೇರದಲ್ಲಿ (1) ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಅಲೆಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಗಾಜಿನೊಳಗೆ ವಕ್ರೀಕೃತವಾದ ಅಲೆಗಳು QM ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ ಅಲ್ಲಿ MT_1 ನೇರದಲ್ಲಿ CD ಯ ಮೂಲಕ ಹೊರಬಿದ್ದು, ಮತ್ತೊಂದು ಭಾಗವು MN ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಅಂತಃಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಮತ್ತೆ NS ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಅಂತಃ



ಚಿತ್ರ 4.7

ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಿ, NR_2 ನೇರದಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿನ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಗೆ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ NS ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೊರಟ ಅಲೆಗಳ ಒಂದು ಭಾಗವು ST_2 ನೇರದಲ್ಲಿ CD ಯ ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ಹಲವಾರು ಅಂತಃಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ವಕ್ರೀಕರಣಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, AB ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲ್ಗಡೆ, QR_1, NR_2 ಗಳಂತೆಯೇ ಹಲವಾರು ಸಮಾನಾಂತರ ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಇದರ ಹಿಂಭಾಗದಲ್ಲಿ CDಯ ಕಡೆಯೂ, MT_1, ST_2......ಗಳಂತೆ ಹಲವಾರು ಸಮಾನಾಂತರ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

1,2........ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿತ ತಂಡವೆಂದೂ (reflected system)

3,4,................ ಹೊರಬೀಳುವ ತಂಡವೆಂದೂ (transmitted system) ಕರೆಯಬಹುದು.

ಪ್ರತಿಫಲಿತ ತಂಡದಲ್ಲಿ 1,2ಗಳ ನಡುವಣ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸ (Path difference) ವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದರೆ, ಇದೇ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಕಿರಣಗಳ ನಡುವೆಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು 'p' ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಚಿತ್ರದಿಂದ (4.7) ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂಶಗಳು

PQX = i = ಪತನಕೋನ

KQM = r = ವಕ್ರೀಕೃತಕೋನ

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \mu$$

QM, MN ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಫಲನ ನಿಯಮದ ಅನುಸಾರ,

NM ಮುಂದುವರೆಸಿ, QK ಯನ್ನು (ವಿಸ್ತರಿಸಿ) L ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿದರೆ,

QK = KL = AC = e (ಫಲಕದ ಅಗಲ)

$\lfloor$ KLM = r

QE, LN ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ, NF, RR_1 ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

FNQ = i

EQN = r ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ, QR_1 ಮತ್ತು NR_2 (1 & 2) ಗಳ ನಡುವಣ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸ 1 ಆದರೆ,

$$p = \mu\,(QM+MN) - QF \qquad (4.16)$$

QM, MN ಗಳು ಗಾಜಿನೊಳಗೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಮಾನ ಪಥವು

μ (QM + MN) ಆಗಬೇಕು.

ಅಂದರೆ, ಅಲೆಗಳು Q ಇಂದ F ಗೆ ಬರುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, (2) ನೆಯ ಅಲೆಗಳು QM, MN ದೂರಗಳನ್ನು ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು, N ಬಿಂದುವನ್ನು ತಲಪುತ್ತವೆ. N, F ಗಳಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು

μ (QM + MN) − QF ಆಗಬೇಕು.

QM = MN

ಹಾಗೆಯೇ QM = ML

$\therefore$ QM + MN = MN + ML = LN

QFN ಮತ್ತು QFN ತ್ರಿಕೋಣಗಳಿಂದ,

$$\frac{QF}{QN} = \text{Sin i} \quad QF = QN \cdot \text{Sin i}$$

$$\frac{EN}{QN} = \text{Sin r} \quad EN = QN \cdot \text{Sin r}$$

$$\therefore \quad \frac{QF}{EN} = \frac{\text{Sin i}}{\text{Sin r}} = \mu$$

$$\therefore \quad QF = \mu \cdot \; EN \qquad (4.17)$$

$$LN = LE + EN \cdot$$

$\triangle$ QLE ನಲ್ಲಿ $\frac{LE}{LQ} = \cos QFM = \cos r$

$$\therefore \quad LE = LQ \cos r = 2e \cdot \cos r \qquad (4.18)$$

$$\therefore \quad p = \mu\,(QM + MN) - QF$$
$$= \mu\,(LN - QF)$$
$$= \mu\,(LE + EN) - QF = \mu . LE + \mu . EN - QF$$

$= \mu \cdot LE = \underline{2 \mu e \cos r}$ ($\because$ 4. 17 ಇಂದ $QF = \mu\, EN$) (4.19)

ಈಗ, ಬೇರೆ ಯಾವ ನಿಬಂಧನೆಗಳೂ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ,

$p = 2\mu e \cdot \cos r = n\lambda$ ಆದರೆ,

(1), (2) ಮತ್ತು ನೇರದಲ್ಲಿನ ಅಲೆಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣದ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ಸಂವರ್ಧನ ಹೊಂದಿ (re-inforce) ಆ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಉತ್ತೇಜಿತ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕು. ಇದೇ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವೇ ಕಿರಣ ಸಮೂಹಗಳಿಗೆ ಇರಬೇಕಾದುದರಿಂದ ಆ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವಿರಬೇಕು. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪೀನಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ಸಂಗಮ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉಚ್ಚಪ್ರಕಾಶವಿರಬೇಕು. ಆದರೆ, ಈಗ 4.10 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದ ಸ್ಟೋಕ್ ಸೂತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. 1 ಕಿರಣವು ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವಾಗ, ಗಾಳಿಯಿಂದ ಗಾಜಿಗೆ ಹೋಗುವ ಮಾರ್ಗವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು π ಆಗಿದ್ದು, ಕೇವಲ ಪ್ರತಿಫಲನ ದಿಂದಲೇ, ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು $\frac{\lambda}{2}$ ಗೆ ಸಮಾನವಾಗಬೇಕು. ಇದು, MN ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಂಡರೆ, ಒಟ್ಟು ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು $2\mu e \cos r - \frac{\lambda}{2}$ ಆಗಬೇಕು.

ಆದರೆ, ಉಜ್ಜ್ವಪ್ರಕಾಶವಾಗಬೇಕಾದರೆ,

$$2\mu e \cos r - \frac{\lambda}{2} = n\lambda$$

$\because$ $2\mu e \cos r = (n + 1/2)\,\lambda$ (ಉಜ್ಜ್ವಪ್ರಕಾಶ)

ಹಾಗೆಯೇ $2\mu e \cos r = n\lambda$ (ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶ) (4,20)

$n = 0, 1, 2, \ldots\ldots$ $2\mu e \cos r = n\lambda$. (ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶ)
$2\mu e \cos r = (n + \frac{1}{2})\,\lambda$ ಉಜ್ಜ್ವ ಪ್ರಕಾಶ)

(4.20)

ಈ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿ ನಾವು ಪ್ರತಿಫಲನ ತಂಡದಲ್ಲಿ ಉಜ್ಜ್ವಪ್ರಕಾಶವನ್ನಾಗಲಿ, ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶವನ್ನಾಗಲಿ ಕಾಣುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ.

ಈಗ, CD ಕಡೆಯಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹವೂ 3,4 ಕೂಡ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಸಂಭವವಿದೆ.

ಆದರೆ, 3,4 ಕಿರಣಗಳ ನಡುವೆ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಣನೆ ಮಾಡಿದರೆ, MN, NS ಎರಡು ಅಂತಃಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳಿಗೆ π ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವ ಹಾಗಿಲ್ಲ. ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಈ ತಂಡಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ನಿಬಂಧನೆಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

ಹೊರಬೀಳುವ ತಂಡ (Transmitted system)

$p = 2\,\mu e \cos r = n\lambda$ (ಉಜ್ಜ್ವಪ್ರಕಾಶ)

$p = 2\,\mu e \cos r = (n + \frac{1}{2})\,\lambda$ (ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶ) (4.22)

ಒಂದೊಂದು ಪ್ರತಿಫಲನದಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಕುಗ್ಗುವುದರಿಂದಲೂ, ಹಾಗೆಯೇ ಒಂದೊಂದು ವಕ್ರೀಕರಣದಲ್ಲಿಯೂ, ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದನ್ನೂ ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಪ್ರತಿಫಲನ ತಂಡದ ವಿವಿಧ ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಕಾಶವು ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ನಾವು ಸಾಧಿಸುವಾಗ ಭಾವಿಸಿರುವ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

1. ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. (λ)
2. ಎಲ್ಲ ಕಿರಣಗಳಿಗೂ ಪತನಕೋನವೂ, ವಕ್ರೀಕೃತಕೋನವೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ r ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ಮೌಲ್ಯ.

3. ಫಲಕದ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಸೂಚಕಾಂಕ (μ) ವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

4. ಫಲಕವು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಅಗಲವು 'e' ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

ಈ ನಾಲ್ಕು ಅಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದರಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾದರೂ, ಪರಿಣಾಮವು ಬೇರೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಂದಲೇ ವರ್ಣವಿನ್ಯಾಸಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ವಿಷಯುವನ್ನು ಮುಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುವುದು.

4.12 ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತಗಳು: ತತ್ತ್ವ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗ

ಈ ಪ್ರಯೋಗವೂ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ನಿದರ್ಶನವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ನ್ಯೂಟನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯೇ ಮಾಡಿದ್ದರೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ತನ್ನ ಕಣವಾದದಿಂದ ಕೊಡಲು ಸಮರ್ಥನಾಗಲಿಲ್ಲ : ತರಂಗ ವಾದದಿಂದ ಇದರ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಮೊದಲು ಈ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯನ್ನು ಕಾಣೋಣ.

ಚಿತ್ರ 4.8 (a) ನಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಅಂಗಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ.

ಉಪಕರಣಗಳು

S... ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕನ್ನು (λ) ಕೊಡುವ ಮೂಲಕೇಂದ್ರ. (ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪ)

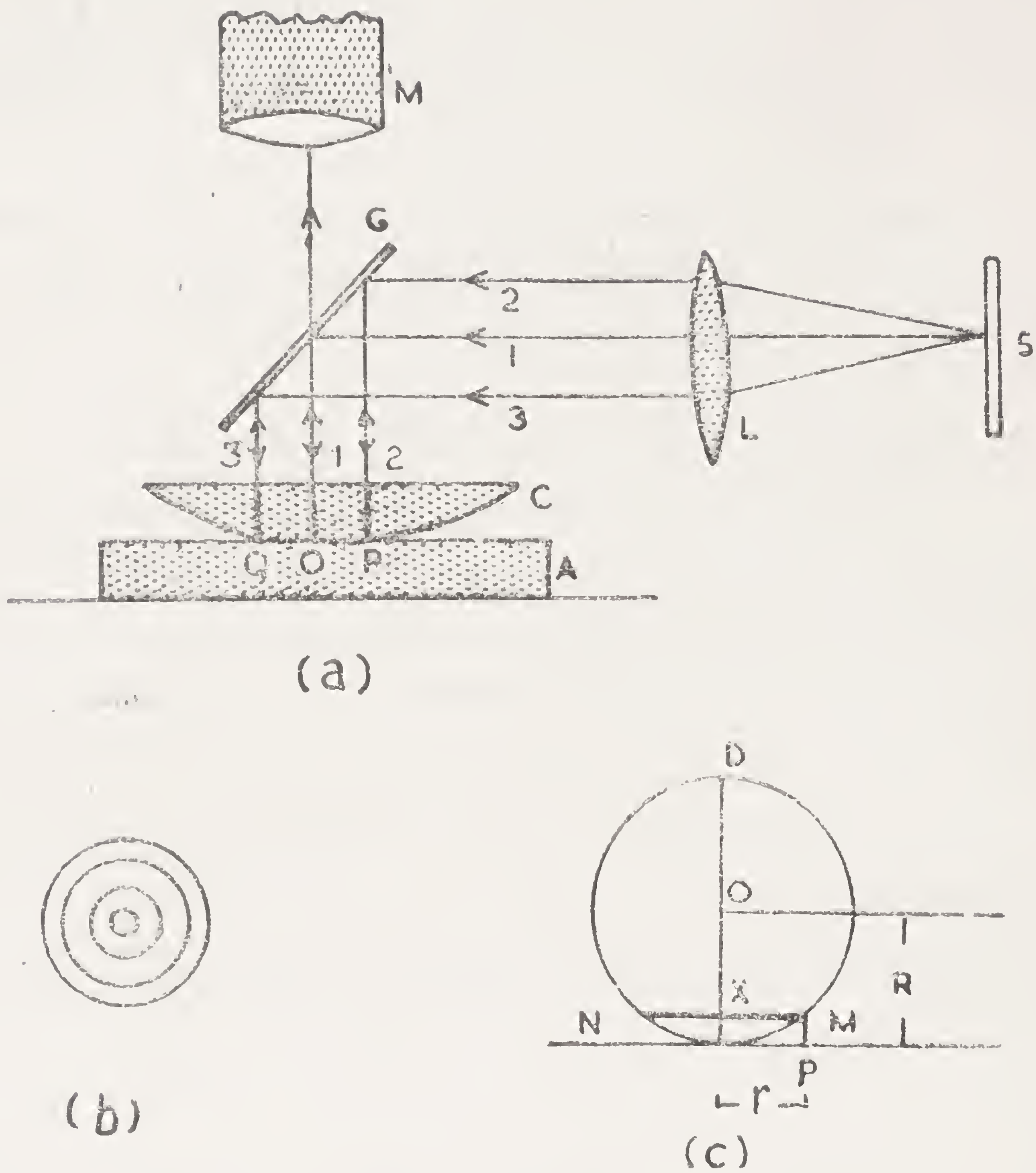
L. ಒಂದು ಪೀನ ಮಸೂರ.

G.. ಗಾಜಿನ ಫಲಕ – ಇದನ್ನು 45° ಓರಣದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿದೆ.

A– ಸಮತಲದ ಗಾಜಿನ ಫಲಕ.

C– ಹೆಚ್ಚು ಸಂಗಮ ದೂರದ್ದ (1 ಅಥವಾ 2 ಮೀಟರ್‌ಗಳಿರಬಹುದು) ಪೀನಮಸೂರ ಇದರ ವಕ್ರಮೇಲ್ಮೈಯು ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಇರುತ್ತದೆ.

M– C ಮತ್ತು A ಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ವೀಕ್ಷಣ ಪಥದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಇದರಿಂದ G ಫಲಕದ ಮೇಲಿನಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ ಅವುಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ ಅಕ್ಷವು ಲಂಬವಾಗಿದ್ದು (Vertical) ಇದನ್ನು ಅಡ್ಡಲಾದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ತಿರುಪುಗಳ ಮೂಲಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಇರುವ ಚಲಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (Travelling Microscope) ಯಂತ್ರ.



ಚಿತ್ರ 4.8 ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತಗಳು

ಪ್ರಯೋಗ

S ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪದಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ಬೆಳಕನ್ನು L ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ಅದರ ಮೂಲಕ ತ್ರಿಜ್ಯ ಸಮತಲದ ಕಿರಣ ಸಮೂಹವು G ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಪತನವಾಗಿ ಅಲ್ಲಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. G ಫಲಕವು 45° ಓರಣದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಿರಣಗಳು ನೇರವಾಗಿ C ಮಸೂರದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ನಂತರ ಅದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು C ಗೂ A ಗೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ವಿವಿಧ ದಪ್ಪಗಳ ಗಾಳಿಯ ಪರೆಗಳ ಮೂಲಕ ತಳಗಿನ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಅಲ್ಲಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ ಮತ್ತೆ ತಮ್ಮ ಪೂರ್ವಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿಯೇ ವಾಪಸಾಗುತ್ತವೆ.

ಚಿತ್ರ (a) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ 3, 1, 2 ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ C ಮತ್ತು A ಗಳ ನಡುವಣ ತೆಳುವಾದ ಗಾಳಿಯ ಪರೆಯ ಎರಡು ಮುಖಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವ ಅಲೆಗಳು ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸದ ದೆಸೆಯಿಂದ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇದೆ. ಈ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ಪಟ್ಟಿಗಳು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ – ಮಸೂರವೂ ಗಾಜಿನ ಫಲಕವೂ ಸಂಧಿಸುವ ಬಿಂದುವು O ಆದರೆ, ಅಲ್ಲಿಯ ಗಾಳಿಯ ಪರೆಯ ದಪ್ಪವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿದ್ದು ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣದಿಂದ – 1 – ಕಿರಣ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಬಲಕ್ಕೂ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಗಾಳಿಯ ಪರೆಯ ದಪ್ಪಗಳು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದೊಂದು ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೂ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಿರಣಗಳನ್ನು M ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ $r=0$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಪರೆಯ ದಪ್ಪ (e) ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಮಸೂರವೂ ಗಾಜಿನ ಫಲಕವೂ ಸಂಧಿಸುವ ಆಕಾರ ರೇಖೆಯು ವರ್ತುಲವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನಮಗೆ ಒಂದೊಂದು ದಪ್ಪಕ್ಕೂ (e) ಒಂದೊಂದು ವೃತ್ತವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ನಾವು (M) ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ಈ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ತರಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಕಪ್ಪು ಕೇಂದ್ರದ (O) ಸುತ್ತ ಹತ್ತಾರು ಪೂರ್ಣ ವೃತ್ತಗಳು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಈ ವೃತ್ತಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು r_1, r_2, r_3....ಎಂದು ಕರೆದರೆ, ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ವೃತ್ತಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರಗಳು ಕೇಂದ್ರದ ಹೊರಗೆ ಹೋಗುತ್ತ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ.

ಇವೇ ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತಗಳೆಂದು ಹೆಸರಾಗಿವೆ.

ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರ (λ) ವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ವೃತ್ತಗಳು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಗಳಂತಿರುತ್ತವೆ. ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ವೃತ್ತಗಳು ವಿವಿಧ ವರ್ಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತವೆ.

ಈ ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ಸಮಾನ ದಪ್ಪದ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿ (Fringes of equal thickness) ಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಯೋಗ ತತ್ತ್ವ

4.11 ರಲ್ಲಿ ನಾವು ಸಾಧಿಸಿರುವ ಸೂತ್ರವನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಸೂತ್ರವಾಗಿ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು.

'μ' ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕದ ಪಾರದರ್ಶಕ ಫಲಕದ ಅಗಲ (ಅಥವಾ ದಪ್ಪ) ವು e ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಎರಡು ಮುಖಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗುವ ಪ್ರತಿರೋಧಕ್ಕೆ ನಿಬಂಧನೆಗಳು ಹೀಗಿರಬೇಕು.

$2\mu e \cos r = n\lambda.$ (ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶ)

$2\mu.e \cos r = (n+\frac{1}{2})\lambda$ (ಉಚ್ಚ ಪ್ರಕಾಶ)

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ C ಮತ್ತು A ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಗಾಳಿಯಾದರೆ $\mu = 1$

ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ನೇರವು ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ,

$$r = 0$$

$\therefore \quad 2e = n\lambda$ (ಶೂನ್ಯ)

$2e = (n+\frac{1}{2})\lambda$ (ಪ್ರಕಾಶ) ಆಗುತ್ತದೆ (4.23)

ಈಗ, ಮಸೂರಕ್ಕೂ ಗಾಜಿನ ಸಮತಲ ಮೇಲ್ಮೈಗೂ ನಡುವಣ ಪರೆಯ ದಪ್ಪಗಳು o ನಿಂದ ಹಿಡಿದು ಬಲಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತವೆ.

o ಬಿಂದುವಿಗೆ ನೇರವಾಗಿ ಲಂಬವಾಗಿರುವ –1– ಕಿರಣ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ವೃತ್ತವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವುದು ಕಪ್ಪುಬಿಂದು. ಇಲ್ಲಿ $e = 0$

$$2e = 0.\lambda.$$

ಇದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಬಲಗಡೆ ಸರಿದರೆ, ಪರೆಯ ದಪ್ಪವು e_1 ಆಗಿ,

$2e_1 = 1.\lambda.$ ಆದರೆ, ಮೊದಲನೆಯ ಕಪ್ಪುವೃತ್ತ.

ಹೀಗೆಯೇ $2e_2 = 2\lambda$ ಎರಡನೆಯ ವೃತ್ತ

$2e_{\overline{n}} = n\lambda$ $\underline{n}^{rh}$ ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತ. (4.24)

ಚಿತ್ರ 4.8 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ P ಎಂಬ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪರೆಯ ದಪ್ಪ $PM = e_n$ ಆದರೆ, ಆ ನೇರದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ $\underline{n}$ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತವಿದೆ ಯೆಂದು ತಿಳಿದರೆ, ಅದರ ತ್ರಿಜ್ಯವು $\underline{XM} = OP = r_n$ ಆಗಿರಬೇಕು. ಚಿತ್ರ ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ C ಮಸೂರದ ವಕ್ರತಾ ತ್ರಿಜ್ಯವು R ಆದರೆ, $OC = R$ ಆದೇ ಚಿತ್ರದಿಂದ, ವೃತ್ತದ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಪ್ರಕಾರ

$MX \cdot XN = OX \cdot XD.$

$MX = XN = r_n.$

$OX = PM = e_n$

$OD = 2R$

$\because \quad r_n^2 = e_n(2R - e_n) = 2R.e_n - e_n^2 = 2R.e_n.$
$(e^n \ll R)$

$\because \quad 2e_n = \frac{r_n^2}{R}$ (4.25)

ಆದರೆ $2e_n = n\lambda$

$\therefore \quad \underline{r_n^2 = R.\,n\,\lambda} \qquad \underline{r_n = \sqrt{R.n\lambda}}$ (ಕಪ್ಪುವೃತ್ತ)
(4.26)

ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತಗಳ ವಿವಿಧ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು $r_1, r_2, r_3, \ldots\ldots$ ಆದರೆ,

$r_1^2 = R.\lambda$

$r_2^2 = 2R\lambda$

.

.

.

$r_n^2 = nR\lambda$

$r_1^2 : r_2^2 : r_3^2 : \;.\;.\;. = 1 : 2 : 3 : \;.\;.$

$r_1 : r_2 : r_3 : \;.\;.\;. = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \;.\;.$ (4.27)

ಕಪ್ಪುವೃತ್ತಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತಗಳು ಅಳವಡಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು $r_1{}^1, r_2{}^1, \ldots\ldots r_n{}^1$ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಸರಿದು ಪರೆಯ ದಪ್ಪವು $e_1{}^1$ ಆದರೆ,

ಅದಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿ – 1 ನೇ ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತವಿರಬೇಕಾದರೆ,

$2e_1{}^1 = \lambda/_2$ – ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಕಾಶವೃತ್ತ – ತ್ರಿಜ್ಯ $= r_1{}^1$

$2e_2{}^1 = 3\lambda$ ಎರಡನೆಯ . . " $= r_2{}^1$

.

.

$$\left.\begin{aligned} 2e_n{}^1 &= \frac{(2n-1)}{2}\lambda \\ &= (n - 1/2)\lambda \end{aligned}\right\}$$ n^{th} ಪ್ರಕಾಶವೃತ್ತ " $= r_n{}^1$

ಹೀಗಾಗಿ, $2e_n^1 = (n-\frac{1}{2})\lambda = \frac{r_n^{12}}{R}$ (4.28)

$r_n^{\prime 2} = R(n-1/2)\lambda$ . . . (ಪ್ರಕಾಶವೃತ್ತ) (4.29)

ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಟು ಮಾಡಿ, C ಮಸೂರಕ್ಕೂ A ಫಲಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಗಾಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, 'μ' ಭಂಗಸಂಚಕಾಂಕದ ದ್ರವದ ತೆಳುವಾದ ಪರೆ ಯಿದ್ದರೆ, ಈ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ϱ_1, ϱ_2,........ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$2\mu e_n = n\lambda$$

$$2e_n = \frac{n\lambda}{\mu} = \frac{\varrho_n^2}{R} \quad (4.30)$$

$$\because \quad \varrho_n^2 = \frac{R \cdot n\lambda}{\mu}$$ (ಕಪ್ಪುವೃತ್ತ) (4,31)

ಬೇರೆ ಯಾವ ಅಳತೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗದಿದ್ದರೆ,

$$\frac{r_n^2}{\varrho_n^2} = \frac{Rn\lambda \cdot \mu}{Rn\lambda} = \mu \quad (4.32)$$

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ r ಮತ್ತು ϱ ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವುದರಿಂದ ದ್ರವದ ಭಂಗ ಸೂಚಕವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

m ಮತ್ತು n ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು

r_m ಮತ್ತು r_n ಆದರೆ

$$r_n^2 = Rn\lambda$$

$$r_m^2 = Rm\lambda$$

$$(r_n^2 - r_m^2) = R(n-m)\lambda$$

$$\because \quad \lambda = \frac{(r_n^2 - r_m^2)}{R(n-m)} \quad (4.33)$$

ಈ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

(1) ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಬೇಕಾಗುವ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಅವುಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವ

ವಿಧಾನವನ್ನೂ ಈಗಾಗಲೇ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವುದನ್ನೇ ಚಿತ್ರ (4.8) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪ (s) ದಿಂದ ಹೊರಟ ಒಂದೇ ತರಂಗ ದೂರದ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದು ಮಸೂರದಿಂದ ಹಾಯ್ದು ಅಲ್ಲಿಂದ ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹದಂತೆ 45° ಓರಣದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಪತನವಾಗಿ ಅಲ್ಲಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ವಾಗಿ ಲಂಬ ನೇರವಲ್ಲಿ ನೇರವಾಗಿ 1 ಮೀಟರ್ ಸಂಗಮ ದೂರದ ಒಂದು ಮಸೂರದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಮಸೂರಕ್ಕೂ (c) ಗಾಜಿನ ಫಲಕ (A) ಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ವಿವಿಧ ದಪ್ಪಗಳನ್ನುಳ್ಳ ತೆಳುವಾದ ಗಾಳಿಯ ಪರೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಗಿ, A ಫಲಕದ ಮೇಲಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ವಾಪಸಾಗಿ, ಗಾಜಿನ (C) ಫಲಕದ ಮೂಲಕ (M) ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವನ್ನು ತಲಪುತ್ತವೆ. ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ದರ್ಶಕವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಗಾಳಿಯ ಪರೆಯ ಮೇಲೆ ಸಂಗಮ (Focus) ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಅದರ ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಹಲವಾರು ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ. ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಆರಂಭಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ಗಾಜಿನ ಫಲಕ, ಮಸೂರ ಮುಂತಾದ ಎಲ್ಲ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ದ್ರವ ದಿಂದಲೂ ಆಮ್ಲದಿಂದಲೂ ಶುದ್ಧ ಮಾಡಿ. ನಿರ್ಮಲ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಹೊಂದಿರು ವಂತೆ ಮಾಡುವುದು ಅವಶ್ಯಕ.

ಹೀಗೆ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ದೃಷ್ಟಿಪಥದಲ್ಲಿರುವ ರೋಮ ಎಳೆ ಯನ್ನು ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆಯೂ, ಕಪ್ಪು ಅಥವಾ ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತದ ಅಂಚಿಗೆ ಸ್ಪರ್ಶಕ ವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅಳತೆಯ ಪಟ್ಟಿ ವರ್ನಿಯರ್‌ಗಳ ಮೂಲಕ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡಬೇಕು. 10 (ಪ್ರಕಾಶ) ವೃತ್ತಗಳಿಂದ ಒಂದು ಆರಂಭಿಸಿ, ಕ್ರಮ ವಾಗಿ, 9, 8, ವೃತ್ತಗಳಿಗೆ ಸ್ಪರ್ಶಕವಾಗಿರುವಾಗ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಿ, ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ದಾಟಿ 1, 2, 3....10 ವೃತ್ತಗಳವರೆವಿಗೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಚಲಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಒಂದೊಂದು ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನೂ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದಂತಾಗು ತ್ತದೆ.

$(d_n^2 - d_m^2)$ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯ .... = 0. 118 (ಸೆಂ.ಮೀ)

$(n-m)$ .... = (5)

ಸಮತಲ ಗಾಜಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಅಂಟಿಕೊಂಡಿ ರುವ ಮಸೂರದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ವಕ್ರತಾ ತ್ರಿಜ್ಯ } = R = 100 (ಸೆಂ.ಮೀ)

(ಇದನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕು)

$$\lambda = \frac{r_n^2 - r_m^2}{R\,(n-m)} = \frac{(d_n^2 - d_m^2)}{4R.\ 5} = \frac{0.118}{4 \times 5 \times 100} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ}$$

ಈ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ನಂತರ ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಬೇಕು.

ವೃತ್ತ	ಎಡ	ಬಲ	d_m ವ್ಯಾಸ	d_m^2	ವೃತ್ತ	ಎಡ	ಬಲ	ವ್ಯಾಸ	d	d_n^2	$(d_n^2-d_{nm}^2)$
1					6						
2					7						
3					8						
4					9						
5					10						

$\because \quad \lambda = 5900\ A^\circ \qquad = 5.8 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

(ii) ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಗೊತ್ತಾದ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕನ್ನು [ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪ – $\lambda = 5893\ A^\circ$] ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಮಸೂರದ ವಕ್ರತಾ ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು (R) ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$\text{ಇಲ್ಲಿ} \quad R = \frac{d_n^2 - d_m^2}{4.(n-m)\,\lambda} = \qquad (4.34)$$

(iii) ಒಂದು ದ್ರವದ μ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು, ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿ A ಫಲಕಕ್ಕೂ C ಮಸೂರದ ವಕ್ರ ಮೇಲ್ಮೈಗೂ ನಡುವೆ ಒಂದೆರಡು ದ್ರವದ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಸಣ್ಣ ಪರೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ

ಹರಡುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆಯೇ, ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿ ವೃತ್ತಗಳ ವ್ಯಾಸ (d^1) ಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿ ಮತ್ತೊಂದು ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ತಯಾರಿಸ ಬೇಕು. ಈ ವ್ಯಾಸಗಳು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದ ವ್ಯಾಸಗಳಿಗಿಂತ (d) ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರು ತ್ತವೆ. ಉಳಿದ ಅಳತೆಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ,

$(d_n^{12} - d_m^{12})$ ಸರಾಸರಿ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಇಲ್ಲಿಯೂ $(n-m) = 5$ ಇರಬೇಕು.

ಹಿಂದೆಯೇ ಸಾಧಿಸಿರುವ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ.

$d_n^2 = \mu \cdot d'^2_n$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$$\lambda = \frac{\mu\,(d'^2_n - d'^2_m)}{4\,R\,(n-m)}$$

$$\therefore \mu \frac{(d_n^2 - d_m^2)}{(d'^2_n - d'^2_m)} \qquad (4.35)$$

ಇವು ಮೂರು ಬಹು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು.

ಉದಾಹರಣೆ

ಒಂದು ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು. ಪೀನ ಮಸೂರದ ವಕ್ರತಾತ್ರಿಜ್ಯವು 1 ಮೀಟರ್. ಸೋಡಿಯಂ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು 5893 A. ಹಾಗಾದರೆ, 20 ನೆಯ ಕಪ್ಪುವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವೇನು? 10 ನೇ ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವೆಷ್ಟು?

ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ತೆಳುವಾದ ನೀರಿನ ಪರೆ ($= \mu = 1.33$)ಯನ್ನು ಉಪ ಯೋಗಿಸಿದರೆ, 10 ನೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತದ ಹೊಸ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಮೌಲ್ಯವೇನು?

(i) 20 ನೆಯ ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತ ತ್ರಿಜ್ಯ $= r_{20}$

$$r_{20}^2 = R \cdot 20 \cdot \lambda \qquad (4.26)$$

$$= 100 \times 20 \times 5.893 \times 10^{-5}$$

$$= 0.1179$$

$r_{20} = 0.343\ \text{cm} = \underline{3.43}$ ಮಿ.ಮೀ.

(ii) 10 ನೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತ $r'_{10} =$ ತ್ರಿಜ್ಯ

$$r'^2_{10} = \frac{(2 \times 10) - 1}{2} \cdot R \cdot \lambda \qquad (4.29)$$

$$= \frac{19}{2} 100.\ 5.893 \times 10^{-5}$$

$$= \underline{0.056}$$

$r'_{10} = \underline{0.237}$ ಸೆಂ·ಮೀ. $= \underline{2.37}$ ಮಿ.ಮೀ

(iii) ನೀರಿನಲ್ಲಿ 10 ನೇ ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತ. ತ್ರಿಜ್ಯ $= p'_{10}$

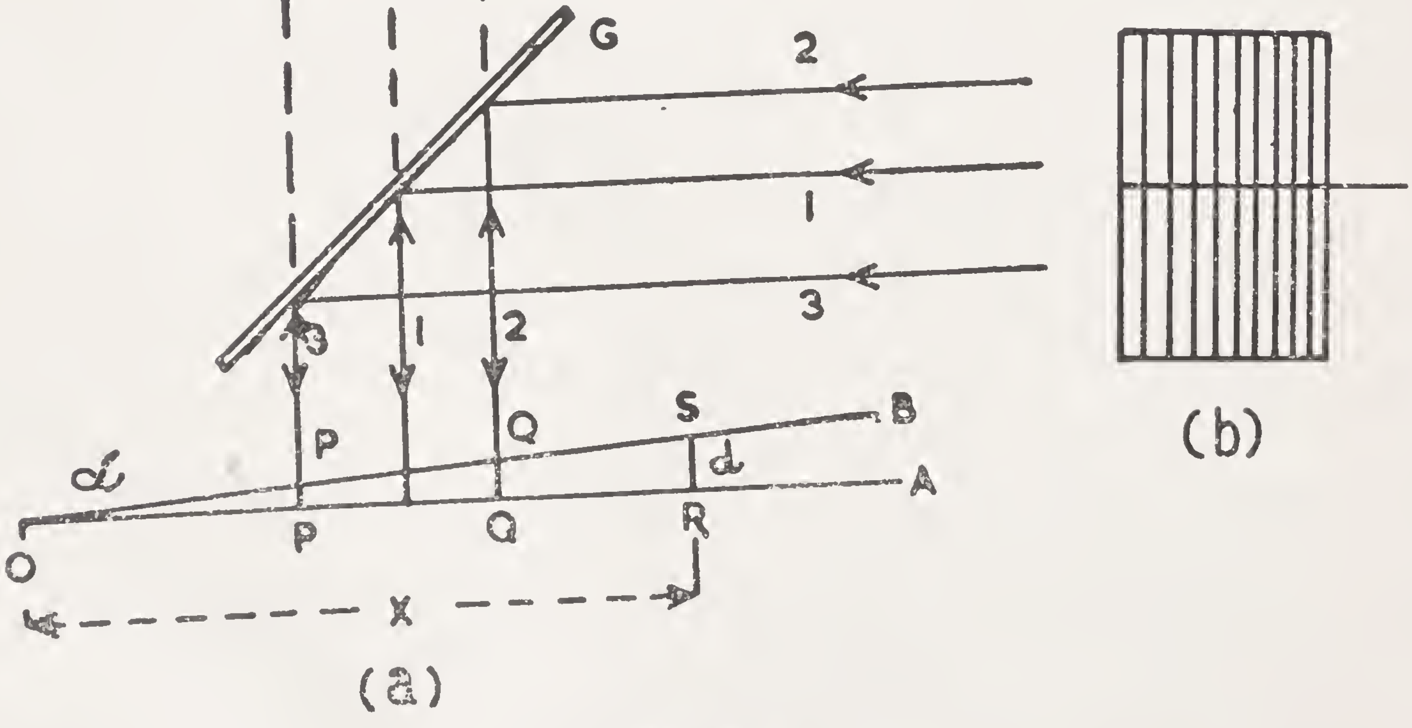
$$r'^2_{10} = \mu.\ p'^2_{11} \qquad (4.32)$$

$$\because\ p_{10}' = \sqrt{\frac{r_{10}'^2}{1.33}} = \sqrt{\frac{.056}{1.33}} = 0.205$$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$= 2.05$ ಮಿ.ಮೀ.

4.13 ತೆಳು ಪರೆಗಳ ವರ್ಣ ವಿನ್ಯಾಸ ದೃಶ್ಯಗಳು

ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತಗಳ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರದ ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಹಲವಾರು ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ಬಿಳುಪು ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ದೃಶ್ಯವು ವಿವಿಧ ವರ್ಣಗಳ ವೃತ್ತಗಳು. ಈ ವೃತ್ತಗಳ ಕೇಂದ್ರವು ಮಾತ್ರ ಕಪ್ಪಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 4.9

(i) ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಪೀನ ಮಸೂರದ ವಕ್ರ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಗೂ ನಡುವೆ ಕಲ್ಪಿತವಾಗುವ ವಿವಿಧ ದಪ್ಪಗಳ ಗಾಳಿಯ ಪರೆಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವ್ಯತಿಕರಣದಿಂದ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತಗಳು ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ. ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡಿ, A ಫಲಕದ ಸಮತಲದ ಮೇಲೆ ಮತ್ತೊಂದು ಸಮತಲ ಫಲಕ (B) ಯನ್ನು ಇಟ್ಟು ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ತೆಳುವಾದ ಗಾಳಿಯ ಪರೆಯು ಉಂಟಾಗುವಂತೆ RS ಎಂಬ ತೆಳುವಾದ ಕಾಗದವನ್ನೋ ಲೋಹದ ತಂತಿಯನ್ನೋ ಇಟ್ಟರೆ, ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (M) ದ ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಸಮಾನಾಂತರ ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಟ್ಟಿಗಳು (Fringes) ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ.

A ಮತ್ತು B ಫಲಕಗಳು O ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿದರೆ,

$$AOB = \alpha$$

ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರ $= \lambda$

ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಅಂತರ $= W$

$$W = \frac{\alpha \cdot \lambda}{2} \qquad \alpha = \frac{2W}{\lambda} \tag{4.36}$$

ಇದನ್ನು ಹಿಂದಿನ ಸೂತ್ರಗಳಿಂದಲೇ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (4.9) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, P, Q .. ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ವ್ಯತಿಕರಣ ರೇಖೆಗಳು ಆಯಾ ಸ್ಥಾನಗಳ ಪರೆಯ ದಪ್ಪ PP′, QQ′....ಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಳತೆಗಳ ಮೂಲಕ R ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಗದವನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅದರ ದಪ್ಪ RS = d ಆದರೆ,

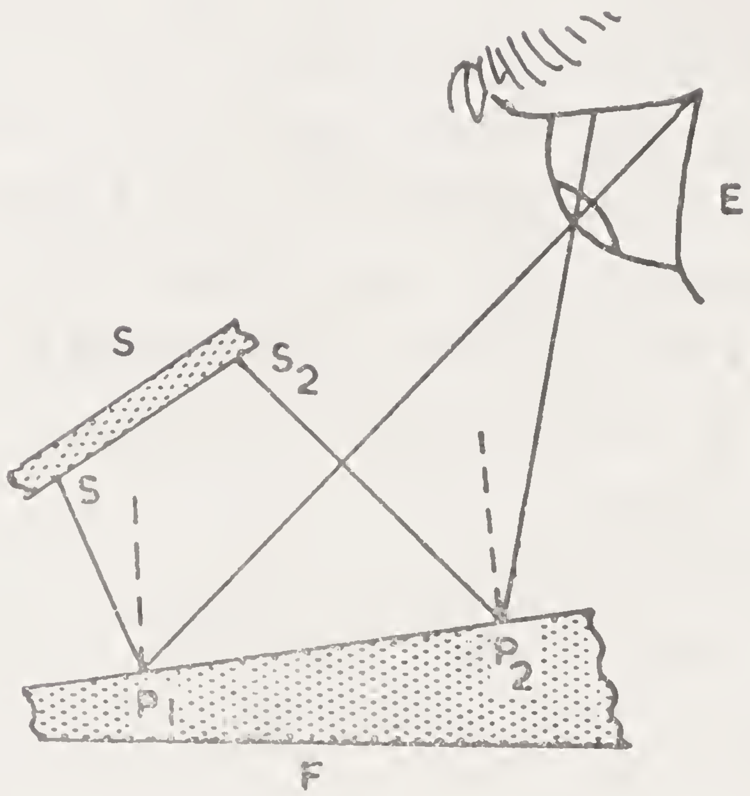
$$RS = OR \cdot \alpha$$

$$d = x\,\alpha = \frac{2x \cdot w}{\lambda} \tag{4.37}$$

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತೆಳುವು ಕಾಗದದ ದಪ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ಲಕ್ಷಣವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಸಮತಲತ್ವವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು (optical flat) ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

(ii) ರಸ್ತೆಯಲ್ಲಿ ಹೋಗುವಾಗ, ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಹರಡಿರುವ ಎಣ್ಣೆಯ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪರೆಯ ಮೇಲೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದಾಗ, ನಮಗೆ ಸೊಗಸಾದ ವರ್ಣ ವಿನ್ಯಾಸವು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತಿಯ ಬಳೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಬೂನು ದ್ರಾವಣದ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಪರೆಯು ಹರಡುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬೆಳಕುಬಿದ್ದು

ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದರೆ, ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳು ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಕೂಡ, ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪರಿಣಾಮವೆಂದೇ ತಿಳಿಯಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 4.10

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ F ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಪರೆ, S ಆಕಾಶದ ಒಂದು ಭಾಗ, ಪರೆಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ವ್ಯತಿಕರಣದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಬಣ್ಣಗಳ ಆಕೃತಿಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ಕಣ್ಣು E.

S_1 ಮತ್ತು S_2 ಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹಗಳು ಪರೆಯ F_1, F_2 ಪ್ರದೇಶಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಪರೆಯ ಒಂದೊಂದು ಸ್ಥಾನವೂ ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ಪ್ರದೇಶಗಳಿಂದ ಬಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿದರೂ ಅಲೆಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ನಿಯಮಗಳ ಉಲ್ಲಂಘನೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. F_1 ಮೇಲೆ S_2 ನಿಂದ ಬರುವ ಕಿರಣಗಳು ಬಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಿರಣಗಳು ಕಣ್ಣನ್ನು (E) ತಲಪುವ ಹಾಗಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ, F_1 ನಿಂದ ಹೊರಟು ಕಣ್ಣಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳ ಮೇಲೆ ಆ ಕಿರಣಗಳ ಬೆಳಕು ಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇಲ್ಲಿ (e) ಪರೆಯ ದಪ್ಪವೂ ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕೋನವೂ (r) ಒಂದೊಂದು ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೂ ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಆದರೂ, ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ನೋಡಿದರೆ, ಪರೆಯ ದಪ್ಪವು ಗಣನೀಯವಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾದರೆ, r ಪ್ರಮಾಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. (F) ಪರೆಯ ಉದ್ದ 10 ಸೆಂ.ಮೀ. ಇದ್ದು ಅದನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ಕಣ್ಣು ಅದರ ಮೇಲೆ ಸುಮಾರು 150 ಸೆಂ.ಮೀ. ಎತ್ತರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, r ಕೋನದ ಅವಧಿಗಳು ಸುಮಾರು 0″–1.7″ ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ cos r ಪ್ರಮಾಣಗಳು 1 ರಿಂದ 0.9996 ಗಳ ನಡುವೆ ಮಾತ್ರ ಇದ್ದ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ

cos r ಪ್ರಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸದೆ ಇರಬಹುದು. ಆದುದರಿಂದ ನಮಗೆ ಕಂಡುಬರುವ ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳು ಪಟ್ಟಿಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು (Bands) ಒಂದೊಂದು ಪಟ್ಟಿಯೂ ಒಂದೊಂದು ದಪ್ಪದ ಪರೆ (e) ಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

$2 \mu e \cos r = n \lambda$ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ 'e' ಬೇರೆಯಾದಂತೆಲ್ಲ ಆ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ λ ತರಂಗ ದೂರದ ಬೆಳಕು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಉಳಿದಿರುವ ಬೆಳಕು ವರ್ಣರಂಜಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಬಣ್ಣದ ಪಟ್ಟಿಯೂ ಸಮಾನ ದಪ್ಪದ ಪರೆಯ ಆಕೃತಿಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ (Fringes of equal thickness)

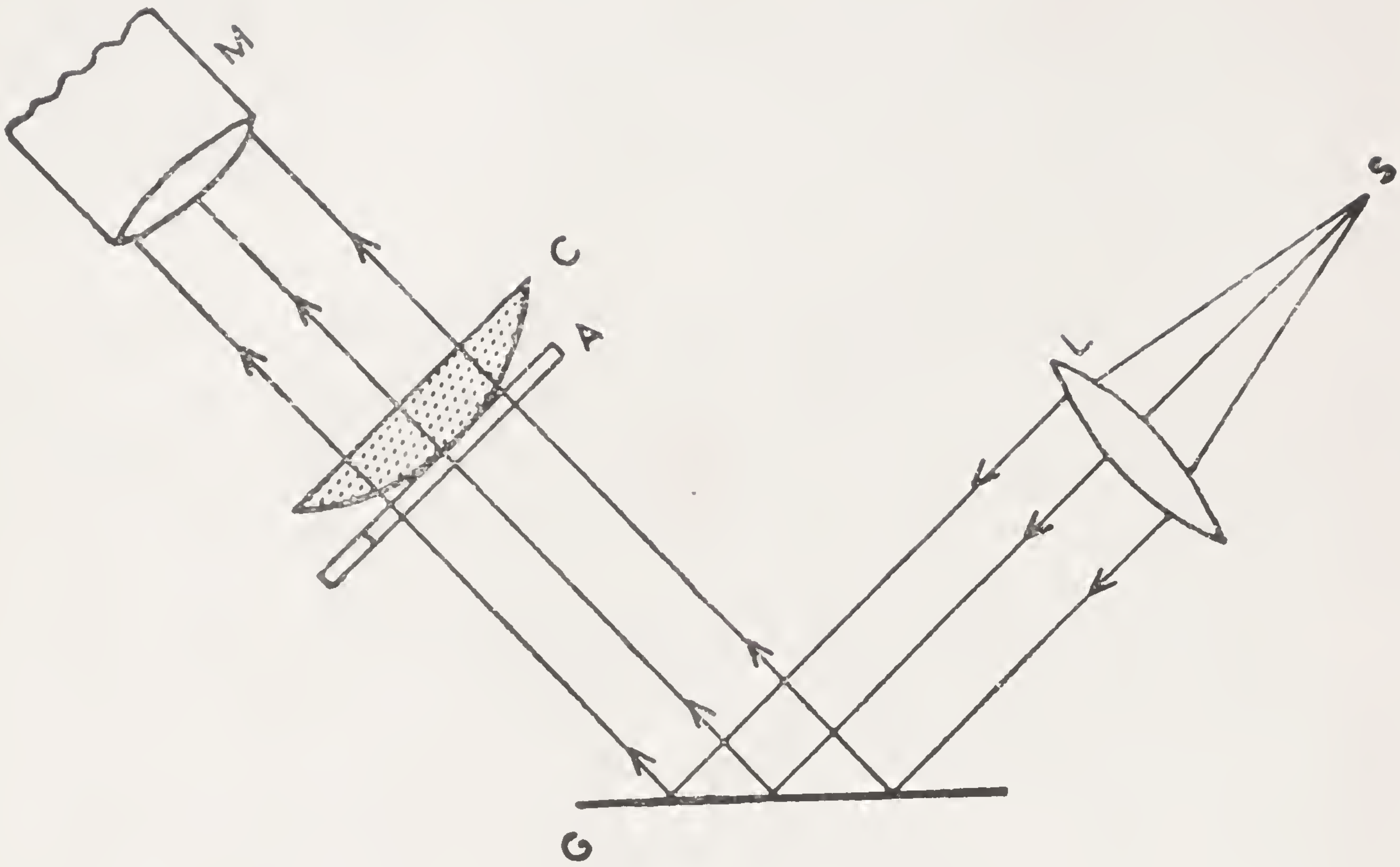
ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಣ್ಣಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಓರಣಗಳಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಪರೆಯ ಒಂದೊಂದು ಪ್ರದೇಶದ ಬಣ್ಣವೂ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಆಯಾ ಕಣ್ಣಿನ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾಗುವ ಕಿರಣಗಳೂ ಓರಣವೂ (r) ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣ್ಣಿನ ಒಂದೊಂದು ಸ್ಥಾನಕ್ಕೂ ಪರೆಯ ಒಂದೊಂದು ಪ್ರದೇಶ ಮಾತ್ರ ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ.

ಇದುವರೆವಿಗೂ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ತಿಳಿದಿದ್ದಾಯಿತು. ನ್ಯೂಟನ್ ವೃತ್ತಗಳ ಪ್ರಯೋಗ (4.8) ವನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಗಾಳಿಯ ಪರೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಮಸೂರ (C) ಮತ್ತು ಗಾಜಿನ ಸಮತಲದ ಫಲಕ (A) ಗಳ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನ ಫಲಕ (G) ವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ (ಚಿತ್ರ 4.11) ಹೊರಬೀಳುವ (Transmitted) ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹಗಳನ್ನು ಮೊದಲಿನಂತೆಯೇ M ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಆಗಲೂ ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತಗಳು ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರವು ಪ್ರಕಾಶಬಿಂದುವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವು ಹಿಂದಿನ ಸೂತ್ರದಿಂದಲೇ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

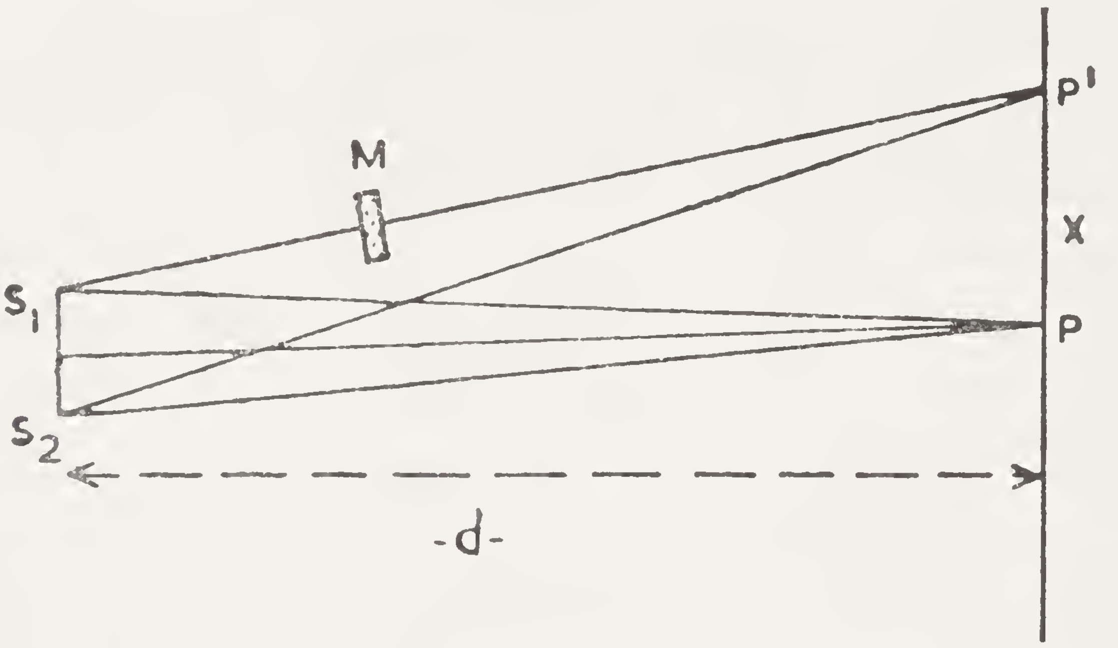
$$2 \mu e \cos r = n \lambda \tag{4.38}$$

ಆದರೆ, ಪ್ರಕಾಶವು ಅತ್ಯುಚ್ಚ (Maximum) ವಾಗಿರಬೇಕು. ಆದರೆ ಈ ವೃತ್ತಗಳ ಆಕೃತಿಗಳು ಅಷ್ಟು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿರದೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಂಕಾಗಿರುತ್ತವೆ.

4.14 ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವ ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹಗಳ ಒಂದರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪಾರದರ್ಶಕ ವಸ್ತುವಿನ ಒಂದು ತೆಳು ಫಲಕವನ್ನು ಇಡುವುದರ ಪರಿಣಾಮ



ಚಿತ್ರ 4·11



ಚಿತ್ರ 4.12

S_1 ಮತ್ತು S_2 ಗಳು λ ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಹೊರ ಸೂಸುವ ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಿರಲಿ. ಅವುಗಳಿಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ (OP = d) ಒಂದು ತೆರೆಯ ಮೇಲಾಗಲಿ ಒಂದು ಕಣ್ಣು ಮಸೂರದ ಮೂಲಕವಾಗಲಿ ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಥಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

$S_2P = S_1P$ ಆದರೆ, P ಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟೆಯಿರುವುದು ಅದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟೆಗಳಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಅಂತರ ಅಥವಾ ಅಗಲವು W ಆದರೆ

$$W = \frac{\lambda \cdot d}{c} \quad (4.7)$$

$S_1S_2 = c$: $OP = d$

ಈಗ, S_1P ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಪಾರದರ್ಶಕ ಪರೆ (M) (ಗಾಜು ಅಥವಾ ಮೈಕ) ಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ನಮಗೆ ಕಾಣಬರುವುದೇನೆಂದರೆ, ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಕೇಂದ್ರ (P) ವು P^1 ಗೆ ಪಲ್ಲಟಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅದರೊಂದಿಗೆ ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಪಟ್ಟಿಗಳೂ ಅದೇ ದೂರದ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಗಲದಲ್ಲಿ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಪರಿಣಾಮವು ಕೇವಲ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಮಾತ್ರ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣ $= PP' = s$. ಇದನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

ಫಲಕ (ಅಥವಾ ಪರೆ) ದ ದಪ್ಪವು t ಆಗಿಯೂ, ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕವು μ ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, S_1P' ಮಾರ್ಗದ ಪಥದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ.

ಫಲಕವನ್ನು ಇಟ್ಟಮೇಲೆ, ಕೇಂದ್ರದ ಸ್ಥಾನವು P ಯಿಂದ P'ಗೆ ಪಲ್ಲಟವಾದರೆ, S_1P' ಮಾರ್ಗದ ದೃಕ್‌ಪಥವೂ, S_2P' ಮಾರ್ಗದ ದೃಕ್‌ಪಥವೂ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. S_1P' ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ $(S_1P' - t)$ ದೂರವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿಯೂ, t ದೂರವು (M) ಫಲಕದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ದೃಕ್ ಪಥವು $(S_1P' - t) + \mu t$ ಆಗಬೇಕು.

ಆದ್ದರಿಂದ $S_2P' = (S_1P' - t) + \mu t$

$$(S_2P' - S_1P') = (\mu - 1)\,t \qquad (4.39)$$

ಫಲಕವನ್ನು ಇಡದೆ ಹೋಗಿದ್ದರೆ, P' ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಯಿದ್ದು PP' ಗಳ ನಡುವೆ m ಪಟ್ಟಿಗಳಿದ್ದಿರಬಹುದು.

ಅಂದರೆ ಆಗ, $(S_2P' - S_1P') = m\,\lambda$

ಹೀಗಾಗಿ, $(\mu - 1)\,t = m\,\lambda \qquad (4.40)$

ಅಂದರೆ, ಪಲ್ಲಟದ ಪ್ರಮಾಣವು PP' ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ m ಪಟ್ಟಿಗಳು ಇದ್ದಿರುತ್ತವೆ. $PP^1 = mw = s$.

$$m = \frac{s}{w} \qquad (4.41)$$

ಈ ಪಲ್ಲಟವು ಫಲಕವನ್ನು ಇಟ್ಟಿರುವ ಮಾರ್ಗದ ದಿಕ್ಕಿನ ಕಡೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ 'm' ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ, s ಮತ್ತು w ಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಬೇಕು.

ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ w = ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಗಲವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯ ಬೇಕು. ನಂತರ, PP′ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, ಮೂಲ ಬೆಳಕನ್ನು ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕ ನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಉಳಿದ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನೂ ಮಾಡದಿದ್ದರೆ, P ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರದ ಪಟ್ಟಿಯು ಬೆಳ್ಳಗಿರುತ್ತದೆ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ಇಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ತರಂಗಾಂತರ ಗಳಿಗೂ $S_2P = S_1P$ ಆಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ವೀಕ್ಷಕ ಮಸೂರದಿಂದ ಈ ಸ್ಥಾನ ವನ್ನು ಅಳತೆಯ ಮೂಲಕ ಗುರುತಿಸಬೇಕು. ನಂತರ, S_1P ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ (M) ಫಲಕವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಕೇಂದ್ರವು P′ ಗೆ ಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ವೀಕ್ಷಕ ಮಸೂರದ ಅಳತೆಯಿಂದ ಗುರುತಿಸಬೇಕು.

ಹೀಗಾಗಿ $PP' = s$ ಗೊತ್ತಾದ ಹಾಗಾಯಿತು.

$$m = \frac{s}{w}$$

$$(\mu - 1)\, t = m\, \lambda \qquad (4.40)$$

t ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ, μ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. μ ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ 't' ಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಉ:

ಒಂದು ಫ್ರೆನಲ್ ಮುಪ್ಪಟ್ಟಿಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ 6000 A° ತರಂಗ ದೂರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳ ಅಂತರವು 0.35 ಸೆಂ.ಮೀ. ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಂದ ವೀಕ್ಷಕ ಮಸೂರಕ್ಕೆ ಇದ್ದ ದೂರವು ಒಂದು ಮೀಟರ್ ಇದ್ದಿತು. ವ್ಯತಿಕರಣದ ಅಲೆಗಳ ಒಂದರ ಮಾರ್ಗ ದಲ್ಲಿ $\mu = 1.5$ ಉಳ್ಳ ಒಂದು ತೆಳು ಗಾಜಿನ ಫಲಕವನ್ನು ಇಟ್ಟಾಗ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಕೇಂದ್ರವು 1.5 ಸೆಂ.ಮೀ. ದೂರ ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದಿತು. ಹಾಗಾದರೆ, ಆ ಫಲಕದ ದಪ್ಪವೇನು ?

ಹಿಂದಿನ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$c = 0.35$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$d = 100$ ”

$\lambda = 6 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$s = 1.5$ ”

$\mu = 1.5$ ”

$t = ?$

$$(\mu - 1)\, t = m\lambda = \frac{s}{w}\lambda \qquad (4.20)$$

$$\frac{\lambda d}{c} = w$$

$$t = \frac{s\lambda}{w(\mu-1)} = \frac{s \times c}{\times . d\,(\mu-1)}$$

$$= \frac{s \cdot c}{(\mu-1)\, d} = \frac{1.5 \times 0.35}{0.5 \times 100} = \underline{.0105} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ.}$$

$$= \underline{0.105} \text{ ಮಿ. ಮೀ.}$$

4.15 ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕಗಳು (Interferometers)

(i) 'ಜೇಮಿನ್ ಮತ್ತು ರ್‍ಯಾಲೆ' ವ್ಯತಿಕರಣದ ಮಾಪಕ

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ (4.14) ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸೂಕ್ತವಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಹೊಂದುವ ಎರಡು ಅಲೆಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ ಒಂದರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪಾರದರ್ಶಕ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಒಂದು ನಾಳಿಕೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದರಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ತುಂಬಿ, ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಅನಿಲದ ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕವು μ ಆಗಿಯೂ ಅದು ಅಡಗಿರುವ ನಾಳಿಕೆಯ ಉದ್ದವು l ಆದರೆ,

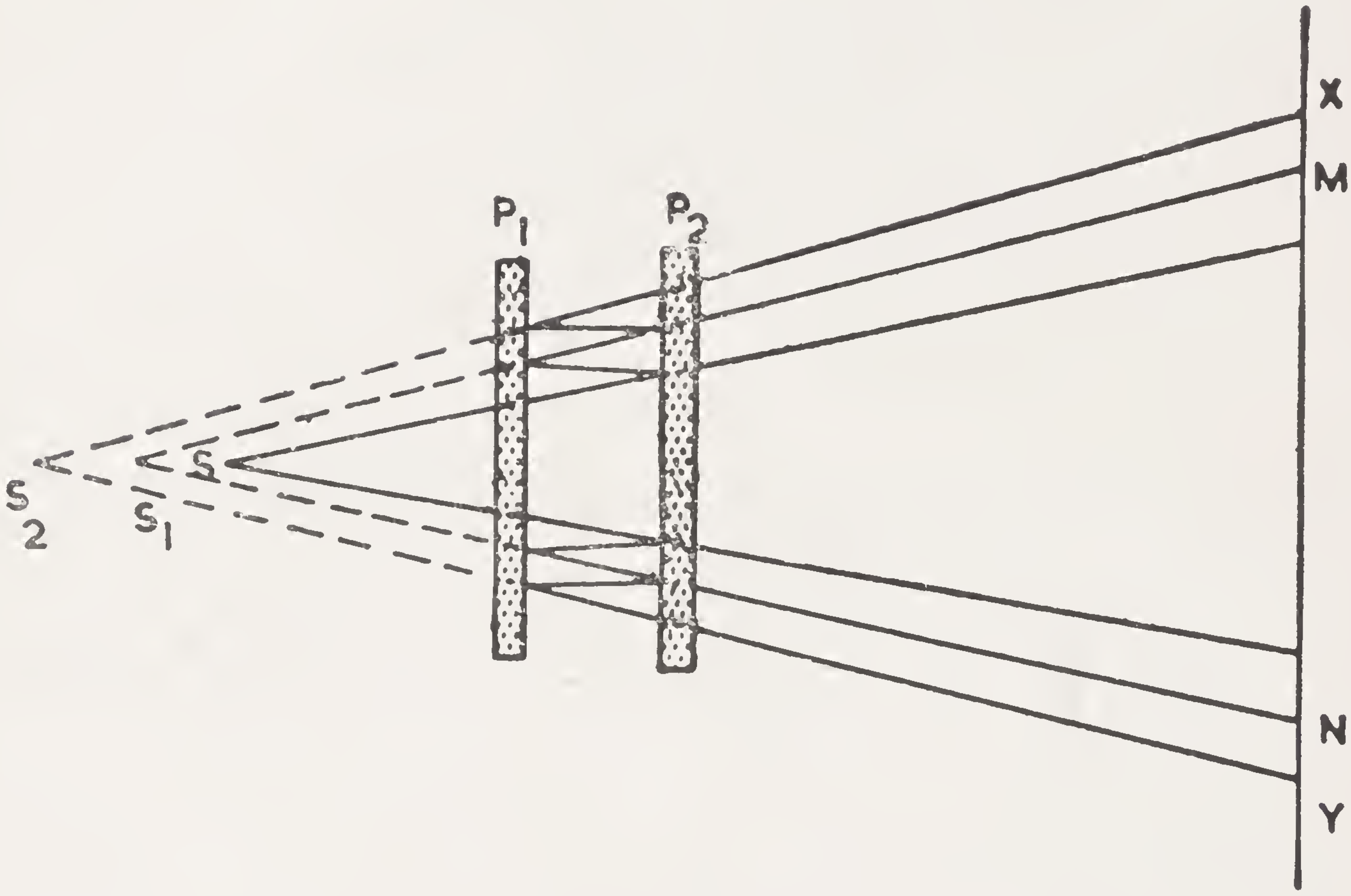
$$(\mu - 1)\, l = m\lambda \qquad (4.42)$$

ಈ ಸೂತ್ರದಿಂದ 'μ' ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ವಿವಿಧ ಅನಿಲಗಳ μ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಗಳಿಂದ ಯಾವ ರೀತಿಯಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದಲೇ, ದ್ರವಗಳನ್ನು ನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ತುಂಬಿದರೆ, ಅವುಗಳ μ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

(ii) 'ಫಾಬ್ರಿ ಪೆರೋ' ಎಟಲಾನ್ (Febry-Perot Etalon)

ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕಗಳ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗವು ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರ (Spectroscopy) ದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ವರ್ಣ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳನ್ನು

ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲೂ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಯನ್ನು (Fine structure) ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವಂತೆ ಹಲವು ಉಪಯುಕ್ತ ಉಪಕರಣಗಳು ನಿರ್ಮಿತ ವಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಫಾಬ್ರಿ–ಪೆರೋ ಎಟಲಾನ್ (Fabry-Perot Etalon) ಮುಖ್ಯವಾದುದು.



ಚಿತ್ರ 4.13 'ಫಾಬ್ರಿ–ಪೆರೋ ಎಟಲಾನ್'

ಈ ಉಪಕರಣದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ (4.13) ದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. P_1 ಮತ್ತು P_2 ಎರಡು ಸಮಾನಾಂತರ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳು. ಇವುಗಳ ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ದೃಕ್ ಸಮತಲತ್ವ (Optical Plane-ness) ವನ್ನು ಹೊಂದಿರು ವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳ ಪ್ರತಿಫಲಕ ಸೂಚಕಾಂಕವು ಸುಮಾರು 80% –90% ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಪ್ರತಿಫಲಕ (ರಜತಪರೆಯ ಲೇಪದಿಂದ) ಮೇಲ್ಮೈ ಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಇನ್‌ವಾರ್ (Invar) ಬಳೆ ಯಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಆ ಮೇಲ್ಮೈಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಮಾನಾಂತರ ವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಸ್ಪ್ರಿಂಗ್‌ಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಸೂಕ್ತ............ಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು.

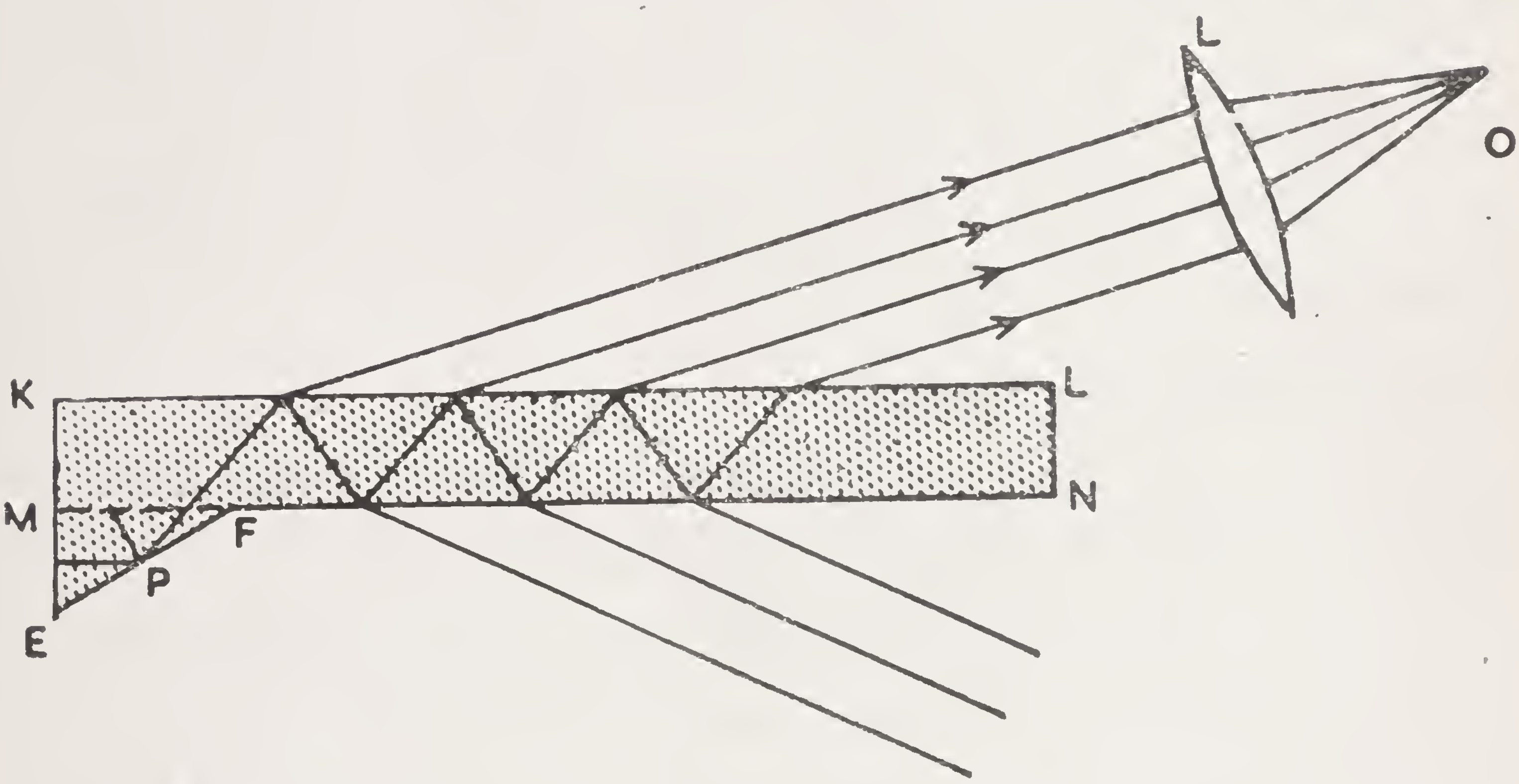
ಈ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ಗೊತ್ತಾದ ತರಂಗ ದೂರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ, ಬಹುಗುಣ ಪ್ರತಿ ಫಲನಗಳ ಮೂಲಕ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳು ವೃತ್ತಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು, ಪ್ರತಿಫಲಕ ಮೇಲ್ಮೈಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಪ್ರತಿಫಲನ

ವನ್ನು ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಬಹಳ ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತಗಳ ನಡುವೆ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶದ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಎದ್ದು ಕಾಣುತ್ತವೆ.

ವರ್ಣರೇಖೆ (Spectral line) ಯು ಸಂಯುಕ್ತ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ ಅದರ ವಿವಿಧ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಅಂಗಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ವೃತ್ತವಿನ್ಯಾಸಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದರ ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತವು ಮತ್ತೊಂದರ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಅಂಗ ಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗ ದೂರಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು.

(iii) ಲಮ್ಮರ್ ಗೆರ್ಕ್ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕ

(Lummer Gehrcke-Plate)



ಚಿತ್ರ 4.14 (L. M. ಫಲಕ)

ಇದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಚಿತ್ರ (4.14) ದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. P ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಮ ತ್ರಿಕೋಣ (Right angled prisom) ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ ME ಯ ಮೂಲಕ ಲಂಬವಾಗಿ ಪತಿತವಾಗುವ ಕಿರಣವು EF ಮುಖ ದಲ್ಲಿ ಒಳಗಡೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ KLMN ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಾಗ ಅದರ ಪತನ ಕೋನವು ಉತ್ಕಟಕೋನ (Critical angles) ಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದು ಆ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾ ಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ KLMN ಸಮಾನಾಂತರ ಫಲಕದ ಒಳಗಡೆ ಹಲವಾರು ಸಲ ಅಂತಃ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿ

ನಲ್ಲಿ ವ್ಯತಿಕರಣದ ತತ್ತ್ವದಿಂದ ಚೂಪಾದ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಅಗಲವಾದ ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ, ವರ್ಣರೇಖೆಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆಯನ್ನು, ಫಾಬ್ರಿ-ಪೆರೋ ಎಟಲಾನ್‌ನಂತೆಯೇ, ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

4.16 ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕ (Michelson Inter-Ferometer)

ಈ ಉಪಕರಣವು ಬಹಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಉದ್ದದ ಅಳತೆಗೆ ಆದರ್ಶಮಾನವೆಂದು ನಾವು ತಿಳಿದಿರುವ 'ಮೀಟರ್'ಗೆ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಒಂದು ಹೊಸ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕೊಡುವಂತಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ ಉದ್ದದ ಅಳತೆಯ ಆದರ್ಶಮಾನವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ತೋರಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಈಗ ಈ ಉಪಕರಣದ ತತ್ತ್ವದ ಸ್ಥೂಲ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಉಪಕರಣದ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗಗಳು

S ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರದ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವ ಬೆಳಕಿನ ಮೂಲ ದೀಪ–ಇದು ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪವಾಗಿರಬಹುದು.

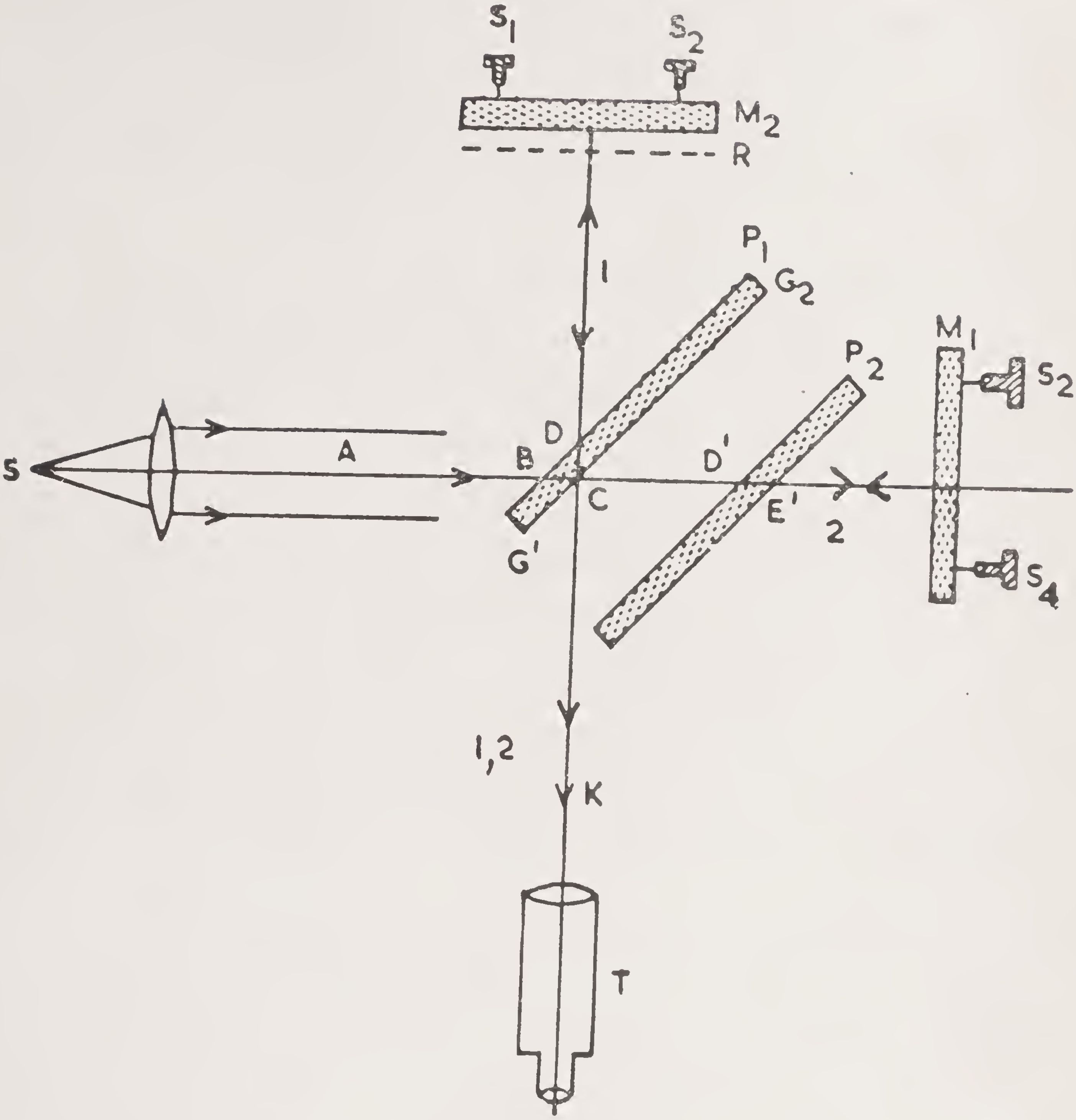
L ಪೀನಮಸೂರ. ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಇದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೊರಬೀಳುವಾಗ ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣ ಸಮೂಹವಾಗಿರುವುದು.

P_1, P_2 ಒಂದೇ ಗಾಜಿನ ಸಮಾನಾಂತರದ ಫಲಕವನ್ನು ಅರ್ಧಕ್ಕೆ ಕತ್ತರಿಸಿ ಎಲ್ಲ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿರುವ ಎರಡು ಸಮಾನಾಂತರ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳು.

P_1 ಫಲಕದ ಹಿಂಭಾಗವಾದ G_1 G_2 ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ರಜತ ಲೇಪನದ ಮೂಲಕ ಭಾಗಶಃ ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ಮಾಡುವಂತೆ ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆ ಎರಡನೆ ಫಲಕವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದೆ.

ಈ ಎರಡು ಫಲಕಗಳನ್ನು 45° ಓರಣದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಇಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ.

M_1–M_2– ಇವುಗಳ ಮುಂಭಾಗಗಳು ಪ್ರತಿಫಲನ ಮೈಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಎರಡು ಸಮತಲ ದರ್ಪಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 4.15 (ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕ)

ಈ ನಾಲ್ಕು ಫಲಕಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳು ದ್ಯುತಿಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ತಯಾರಾದ ಸಮತಲಗಳಾಗಿರಬೇಕಾದದ್ದು ಅತ್ಯವಶ್ಯಕವಾದುದು.

M_1 ಮತ್ತು M_2 ದರ್ಪಣಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳು ಲಂಬವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳು P_1 ಫಲಕದಿಂದ ಸರಿಸಮನಾದ ದೂರಗಳಲ್ಲಿರಬೇಕು. M_1 ಫಲಕದ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದು ಅದನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತಿರುಪುಗಳು (S_1, S_2) ಬಂಧಿತವಾಗಿವೆ. ಹಾಗೆಯೇ, M_2 ದರ್ಪಣಕ್ಕೂ ಕೂಡ ಸಮಾನಾಂತರ ಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿ, ಉಂಟುಮಾಡುವಂತೆ ತಿರುಪುಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ

ವಾಗುವಂತೆ ಮೈಕ್ರಾಮೀಟರ್ ತಿರುಪನ್ನು ಜೋಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಲಂಬತಲಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ.

T ದೂರದರ್ಶಕ ಇದರ ಮೂಲಕ ದೃಷ್ಟಿಪಥದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ವ್ಯತಿಕರಣದ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಧಾನ ಮತ್ತು ಅದರ ತತ್ತ್ವ

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತೃತವಾದ ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ (Extended source) ಹೊರ ಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳು L ಮಸೂರದಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ P_1 ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ. AB ಎಂಬುದು ಇಂಥ ಒಂದು ಕಿರಣವಾದರೆ, ಇದು P_1 ಒಳಗೆ BC ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಹೊಂದಿ, ಹಿಂದಿನ ಪ್ರತಿಫಲಕ ಮೇಲ್ಮೈ G_1 G_2 ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ. C ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ C D ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಿರಣವಾಗಿಯೂ, C D′ ಹೊರಗಡೆಯೂ ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಾಗಿ ಬೇರ್ಪಡುತ್ತವೆ. C D ಕಿರಣವು D E ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದು, M_2 ದರ್ಪಣಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ E D ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ವಾಪಸಾಗಿ, D C, C K ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ದೂರದರ್ಶಕ T ಒಳಗೆ ದೃಷ್ಟಿಪಥದಲ್ಲಿ ಬರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮಾರ್ಗ 1 ಎಂದು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ವಿಭಾಗವು C D′ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ M_2 ದರ್ಪಣಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಬಿದ್ದು, ಮತ್ತೆ ಅದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ವಾಪಸಾಗಿ C ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ C K ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ ದೂರದರ್ಶಕದ ದೃಷ್ಟಿಪಥಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಮಾರ್ಗ 2 ಎಂದು ತೋರಿಸಿದೆ.

BC ಕಿರಣವು ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಾಗಿ, 1, 2 ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ ಕೊನೆಗೆ CK ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವಾಗ, ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ನಿಬಂಧನೆಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟು ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಟ್ಟಿಗಳಂತೆ (T) ದೂರದರ್ಶಕದ ದೃಷ್ಟಿಪಥದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ – ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮಾಡುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ, ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಆಕೃತಿಯು ವೃತ್ತಗಳಂತೆಯೂ, ನೇರ ರೇಖೆಗಳಂತೆಯೂ ಇರಬಹುದು.

ಮೊದಲು, ಎರಡನೆಯ ಗಾಜಿನ ಫಲಕ P_2 ಇಲ್ಲವೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಆಗ, C ಬಿಂದುವಿನಿಂದ M_1 ಮತ್ತು M_2 ದರ್ಪಣಗಳ ಅಂತರವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದಲ್ಲಿ 1,2 ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ – M_1 ದರ್ಪಣವು P_1 ಫಲಕದ G_1 G_2 ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗಿ ಅದರ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬಿಂಬವು M_2 ದರ್ಪಣಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸ್ಥಾನವು R ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, R ಮತ್ತು M_2 ಗಳ ನಡುವಣ ಸೂಕ್ಷ್ಮ

ಅಂತರವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ದೃತ್ ಪಥಗಳು 1,2 ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೂ, 1,2 ಮಾರ್ಗಗಳ ಕಿರಣಗಳು CK ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವಾಗ ವ್ಯತಿಕರಣವನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ನಮಗೆ ವೃತ್ತಾಕೃತಿಯ ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಕಾಣಿಸಬೇಕು.

1,2 ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ದೃತ್ ಪಥದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಹೀಗೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. 1 ಕಿರಣದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ $\overline{CD, DC}$ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಉಳಿದವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿದೆ. ಎರಡನೆ (2) ಕಿರಣದ ಮಾರ್ಗವು ಪೂರ್ತಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿಯೇ $\overline{C'E, E'C}$ ಇರುತ್ತದೆ (P_2 ಫಲಕವಿಲ್ಲದೆ ಇರುವಾಗ) e' ಎಂಬುದು ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ದಪ್ಪವಾದರೆ, μ, ಗಾಜಿನ ಭಾಗ ಸೂಚಕವಾಗಿದ್ದಾಗ, ದೃತ್ ಪಥಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $\underline{2e(\mu-1)}$ ಆಗುತ್ತದೆ – ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, P_2 ಎಂಬ ಎರಡನೆ ಫಲಕವನ್ನು P_1 ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಎರಡು ದೃತ್ ಪಥಗಳು ಸರಿಸಮನಾಗುತ್ತವೆ ಏಕೆಂದರೆ, 1 ಕಿರಣದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ P_1 ಇದ್ದರೆ, 2 ಕಿರಣದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ಎಲ್ಲ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಸರಿಸಮಾನವಾದ P_2 ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ P_2 ಫಲಕಕ್ಕೆ ಪರಿಹಾರ ಫಲಕ (Compensating plate) ವೆಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. ಇಷ್ಟೆಲ್ಲ ಸರಿಸಮಾನತೆಯುಳ್ಳ ದೃತ್ ಪಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೂ ಕೂಡ, 2 ಕಿರಣವು D′C ಯಿಂದ CK ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುವಾಗ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಅಥವಾ ದೃತ್ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $\lambda/_2$ ಆಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ದೆಸೆಯಿಂದ ಒಂದು ಕಪ್ಪು ವೃತ್ತವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಅದರ ತರಂಗಾಂತರ λ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಪ್ರಪ್ರಥಮ ಎಲ್ಲ ಪೂರ್ವ ಸಿದ್ಧತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, CM_1, CM_2 ದೂರಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ M_2 ದರ್ಪಣವನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆಯೇ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತಿರುಪುಗಳ ಮೂಲಕ ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪ ಸರಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, 1, 2 ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳ ದೃತ್ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ, (T) ದೂರದರ್ಶಕದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ನಮ್ಮ ಗುರುತಿನ ರೋಮರೇಖೆ (Cross hair) ಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಾಗ, ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತವು ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದ ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಇರುವಾಗ, ತಿರುಪಿನ ಪಟ್ಟಿಯ ಅಳತೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ನಂತರ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ತಿರುಪನ್ನು ತಿರುಗಿಸಿ, ಮುಂದಿನ ಪ್ರಕಾಶ

ವೃತ್ತವು ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅಳತೆಯನ್ನು ತೆಗೆಯಬೇಕು. ಈ ಎರಡು ಅಳತೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆದು ಅದು x ಆಗಿರಲಿ. ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತದಿಂದ ಮುಂದಿನದಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಾಗ, ದೃಶ್ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು λ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, 1 ಕಿರಣವು M_2 ಗೆ ಹೋಗಿ ವಾಪಸಾಗಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$2x = \lambda \text{ ಆಗಬೇಕು}$$

$$x = \lambda/2 \qquad (4.43)$$

ಹೀಗೆಯೇ, 'm' ವೃತ್ತಗಳು ಹಾಯ್ದರೆ M_2 ದರ್ಪಣದ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ x′ ಆದರೆ,

$$x' = m\frac{\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{2x'}{m} \qquad (4.44)$$

m, x′ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವುದರಿಂದ λ ಪ್ರಮಾಣವು ನಿರ್ಧರಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಯಂತ್ರದಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ, ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ದೂರಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳೆದು ತೋರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

$$\lambda = 6000A^{\circ}, \text{ ಅಥವಾ } 6\times10^{-5} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆದರೆ,}$$

$$\frac{\lambda}{2} = 3 \times 10^{-5} \text{ಸೆಂ.ಮೀ.}$$

ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಶಿರುಪು ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಕಡಿಮೆ ದೂರಗಳ ಮೂಲಕ M_2 ದರ್ಪಣವನ್ನನುಸರಿಸಿ, ಅಳತೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಇಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ದೂರಗಳ ಅಳತೆಯು ಸಾಧ್ಯತೆಯಿರುವುದರಿಂದ, ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಒಂದು ಸಂಯುಕ್ತ ವರ್ಣರೇಖೆಯ (Spectral Line) ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಮೊದಲು, ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪದ D_1, D_2 ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ಅಂತರವು ಸುಮಾರು 6×10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. ಇದ್ದರೆ ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿದ ಲೆಖ್ಖಾಚಾರದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ರೇಖೆಯ ವೃತ್ತಕ್ಕೂ, ಅದೇ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಎರಡನೆಯ ರೇಖೆಯ ವೃತ್ತಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಸುಮಾರು 1000 ವೃತ್ತಗಳ ಪಲ್ಲಟವು ಅಡಗಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, 1 ಕಿರಣದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಪಾರದರ್ಶಕ ಪರೆ (μ) ಯನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವೃತ್ತಗಳ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಅಳೆದರೆ, ಪರೆಯ ದಪ್ಪವು d ಆಗಿ,

$(\mu-1)\,d = m\,\lambda$ ಆಗಬೇಕು. (4.45)

[ಒಂದು ವೃತ್ತದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ವೃತ್ತಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಾಗ M_2 ದರ್ಪಣವನ್ನು ಸರಿಸುವ ದೂರ $x = \lambda/_2$]

4.17 ಆದರ್ಶ ಉದ್ದದ ಮಾನದಂಡ (1 ಮೀಟರ್) ಕ್ಕೂ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧ

ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಉಪಯೋಗಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮಾಪಕವು ಹೊಂದಿರುವುದು ಅದು ಅತಿ ನಿಖರವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಲ್ಲ ಉದ್ದದ ಮಾನದಂಡವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವ ಕಾರಣದಿಂದ ಇದನ್ನೇ ಆಧಾರ ವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಬಿನಾಯ್, (Benoit, Fabry, Perot) ಫ್ಯಾಬ್ರಿ, ಪೆರೋ ಮುಂತಾದವರು ಸೂಕ್ತ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಕೆಂಪು ವರ್ಣ ರೇಖೆ (Cadmium Red line) ಯ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕೂ ಒಂದು ಮೀಟರ್ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಒಂದು ಮೀಟರ್ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಫ್ರಾನ್ಸ್‌ನಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕೊಠಡಿ ಯಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರುವ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಲೋಹದ ಒಂದು ದಂಡ (Platinum Bar) ದ ಮೇಲೆ ಕೆತ್ತಿರುವ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗೆರೆಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಿ ದರೆ ಇದರ ಉಷ್ಣಮಟ್ಟವು 0°C ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಪಂಚದ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಸಮ್ಮತವನ್ನು ಈ ಆದರ್ಶಮಾನವು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

1892–95 ನಲ್ಲಿ ಮೈಕೆಲ್ಸನ್ ಮುಂತಾದವರು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಆದರ್ಶ ಮೀಟರ್‌ನಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಕೆಂಪು ರೇಖೆಯ (15°C ಮತ್ತು 760 ಮಿ. ಮೀ. ಒತ್ತಡ) 1,553,163.5 ಅಲೆಗಳು ಅಡಗಿರುತ್ತವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ ಇದರ ನಿಖರತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು $\frac{1}{2,000,000}$ — ಇದೇ ರೀತಿಯ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ವಿವಿಧ ರಾಷ್ಟ್ರಗಳ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ನಡೆದಿವೆ. ಹಲವಾರು ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆಯು ತೋರಿಬಂದು ಅವುಗಳನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

1953 ನಿಂದ ಈಚೆಗೆ, ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂಗೆ ಬದಲಾಗಿ. ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಚನೆ ಯಿಲ್ಲದ ಮತ್ತು ಡಾಪ್ಲರ್ ಪಲ್ಲಟಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗದೆ ಇರುವ ಮೂಲ ಬೆಳಕನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ ಅನಿಲದ ವರ್ಣ ರೇಖೆಯ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು (λ = 6056 A°) ಚುನಾಯಿಸಲಾಯಿತು.

ಇದರ ಪ್ರಕಾರ 1961 ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ಧಾರವನ್ನು ಕೈಗೊಂಡ ಫಲವಾಗಿ,

'ಒಂದು ಮೀಟರ್' ಎಂಬ ಉದ್ದಕ್ಕೆ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. 1 ಮೀಟರ್ = ಪರಮಾಣು ತೂಕ 86 ಹೊಂದಿರುವ ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ (Krypton) ಬೆಳಕಿನ ಗೊತ್ತಾದ ಸಂಚಾರ ($2P_{10}-5d_s$) ಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ತರಂಗದೂರಗಳ [ಶೂನ್ಯಾಕಾಶ–(Vacuum)] ಸಂಖ್ಯೆಯು 1,650,763.73 ಅಡಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ 1 ಮೀಟರ್ = 1,650,763.73 (ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ ಅಲೆಗಳ) λ.

$\lambda =$ 6057.80211 A° (Vacuum) (4.46)

ಅಥವಾ $\lambda =$ 6056.12525 A° (ಶುಷ್ಕ ಗಾಳಿ 15°C, 760 ಮಿ.ಮೀ. ಒತ್ತಡ (4.47)

ಇನ್ನು ಮೇಲೆ, ಒಂದು ಮೀಟರ್ ಎಂದರೆ, ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಲೋಹದ ದಂಡದ ಉದ್ದವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ, ಕ್ರಿಪ್ಟಾನ್ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರಗಳು ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿದ್ದರೆ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಮೀಟರ್ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯ ಮಾಡಿ. ಆ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಈ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು–ಮೀಟರ್‌ಗೆ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿರುವ ಆದರ್ಶಮಾನದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರಕ್ಕೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಿದಂತಾಯಿತು.

ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತತ್ತ್ವಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಮತ್ತು ಅಳತೆಗಳು – ಇವುಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನ ವೃದ್ಧಿಯು ಎಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗವಾದ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಕಲ್ಪಿತವಾದ ಆದರ್ಶಮಾನಗಳೇ ಸಾಕ್ಷಿಯಾಗಿವೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ 5

ಬೆಳಕಿನ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (Diffraction of Light)

5.1 ಬೆಳಕಿನ ನೇರ ಪ್ರಸಾರ ಮತ್ತು ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಮರ್ಶೆಯಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕಣವಾದವನ್ನು ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ಮೊದಲಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಹೊರ ಬಿದ್ದ ತರಂಗ ವಾದವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಎರಡು ವಾದಗಳ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ನೇರ ವಿರುದ್ಧವಾದುವು. ಎರಡರಲ್ಲಿಯೂ ಚಲನೆಯು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವಾದರೂ, ಚಲಿಸುವುದು ಯಾವುದು ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿವೆ. ಕಣವಾದದ ಪ್ರಕಾರ, ದ್ರವ್ಯಕಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಅತ್ಯಂತ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ಕಣಗಳೇ ಚಲಿಸುವುದು ಅದೇ ಬೆಳಕು ಎಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಈ ವಾದದಲ್ಲಿ ಎತ್ತಿ ಕಾಣುವ ಗುಣವೇ ನೆಂದರೆ, ಅದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನುಭವವಲ್ಲಿರುವ ನೇರ ಪ್ರಸಾರದ ಲಕ್ಷಣ ವನ್ನು ಅತಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೊಂದಿಸಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಅಲ್ಪ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಅವುಗಳ ವೇಗವು 3×10^{8} ಮೀಟರ್/ಸೆಕೆಂಡ್‌ನಷ್ಟು ಅಗಾಧವಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಅವುಗಳು ವಕ್ರಗತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ತುಪಾಕಿಯಿಂದ ಅತಿ ರಭಸದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಗೋಲಿಗಳ ಗಮನ ಮಾರ್ಗವು ಸರಳ ರೇಖೆಯ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಕಣಗಳ ಆಕೃತಿಯ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನ್ಯೂಟನ್ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನೂ ಸಮರ್ಥಿಸಿದನೆಂಬುದನ್ನೂ ವಿಶದವಾಗಿ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿಯೂ, ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಗೋಲಿಗಳನ್ನು ವೇಗವಾಗಿ ಬಹಳ ನುಣುಪಾದ ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆ ಮಾಡಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನವಾಗುವ ರೀತಿಯನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ, ಅದೇ ನಿಯಮಗಳೇ ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳು ಒಂದು ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಇಳಿಜಾರಿನಲ್ಲಿ ಧುಮುಕುವಾಗ, ವೇಗಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನೂ ವೀಕ್ಷಿಸಿ ಅವುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳ ಸಾಮ್ಯತೆ ಯನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಯಿತು.

ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, ಕಣ ವಾದವು ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ವಿಫಲವಾಯಿತು. ಹೀಗೆಯೇ

ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರದ ತಡೆ (ಅಪಾರದರ್ಶಕ ವಸ್ತು)ಯ ಮೂಲಕ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ ಅದರ ಆಚೆ ಒಂದು ತೆರೆಯ ಮೇಲೆ ಕಾಣುವ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, ತಡೆಯ ಆಕೃತಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ನೆರಳು ಚೂಪಾದ ಮೇರೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರದೆ, ಪರಿಧಿಯು ಮಸುಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಬೆಳಕಿನ ನೇರ ಪ್ರಸಾರದ ಲಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಗೋಚರವಾಗುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ: ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗದೆ ತಡೆಗಳ ಸುತ್ತ ಬಾಗುವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ತೋರಿಸುವಂತಿದೆ. ತಡೆಯ ಗಾತ್ರವು ಕಡಿಮೆಯಾದಷ್ಟೂ, ನೆರಳಿನ ಆವರಣವು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಮಸುಕಾಗುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಲಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (Diffraction) ಯೆಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು ಕೂಡ ಕಣವಾದವು ಸಮರ್ಪಕವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡುವಂತಿಲ್ಲ.

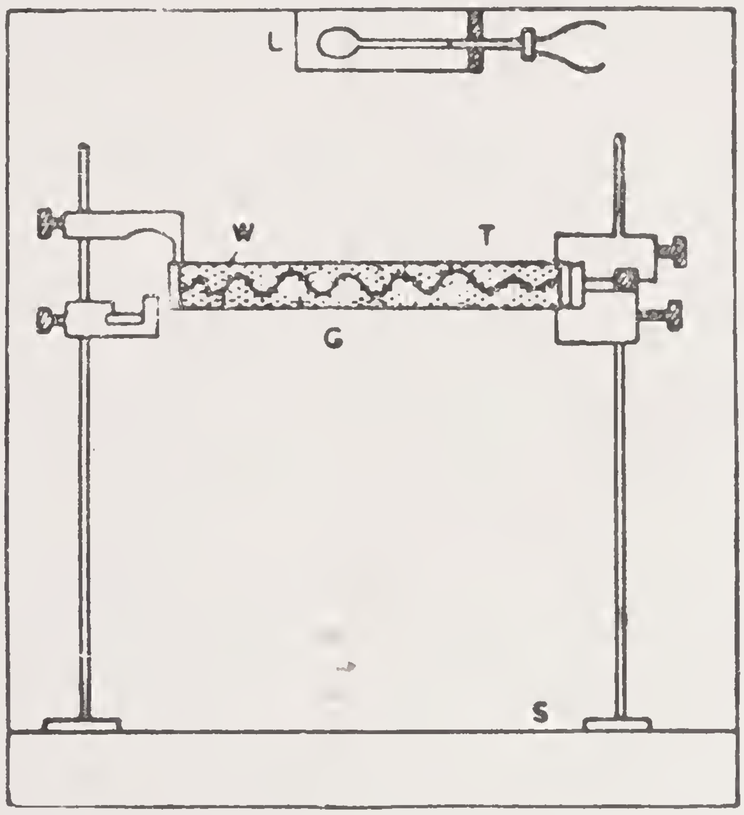
ಇಷ್ಟೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಬೆಳಕು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವೇಗವು ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟವು. ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಕಣವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಇದಕ್ಕೆ ನೇರವಾಗಿ ವಿರುದ್ಧವಾದ ಭಾವನೆಯಿದ್ದಿತು. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಾರಣಗಳಿಂದ ಕಣವಾದವನ್ನು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಕೈಬಿಡಲಾಯಿತು. ಆದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ ಮತ್ತೊಂದು ವಾದವು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಬೇರೂರಬೇಕಾದರೆ, ಅದು ತನ್ನದೇ ಆದ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯದಿಂದ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತಿರಬೇಕು.

ನಾವು ಹಿಂದೆ ಎತ್ತಿದ ಪ್ರಶ್ನೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದು ಯಾವುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವು ತರಂಗವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ಹೀಗಿದೆ. ಬೆಳಕು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ಒಂದು ಕ್ಷೋಭೆಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ತೆರೆ (Ripples) ಗಳೋಪಾದಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಚಲಿಸುವುದು ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ಅಲ್ಲ. ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಶಿಖರ ಮತ್ತು ತಗ್ಗುಗಳನ್ನು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಅಲೆಯ ಆಕೃತಿ. ನೀರಿನ ಕಣಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳ ಮೂಲಕ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಆಂದೋಳನಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತವೆಯೋ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಬೆಳಕು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗಲೂ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಇದ್ದುಕೊಂಡು ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಅಲುಗಾಡುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಕಣಗಳು ಆಂದೋಳನ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ಅಲೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಪ್ರತಿಫಲನ, ರಶ್ಮಿಭಂಗ, ವ್ಯತಿಕರಣ ಮುಂತಾದ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೂ ಅರ್ಥವು ಬರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರಕೃತದಲ್ಲಿ ನಾವು ಈ ತರಂಗವಾದವು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ನೇರ ಪ್ರಸಾರವನ್ನೂ,

ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯನ್ನೂ ಸಮಂಜಸಗೊಳಿಸುತ್ತದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕು. ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸುವುದು ಕಷ್ಟವಲ್ಲ. ಆದರೆ, ನೇರಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದೇ ಒಂದು ತೊಡಕಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಅಂದರೆ, ಕಣವಾದದಿಂದ ಇದು ಅತಿ ಸರಳವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದರೂ, ಅಲೆಗಳ ವಾದವನ್ನು ಸರಿ ಹೊಂದಿಸುವುದು ಸುಲಭವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಹಾಗಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಇದಕ್ಕೂ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಉತ್ತರವು ದೊರಕಿದೆ. ಇದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಅಲೆಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸುಳಿವು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಬಹುದು.

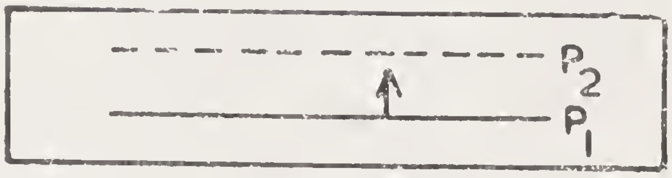
ಈ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ನಾವು ಕಿರಿ ಅಲೆ ತೊಟ್ಟಿ ಉಪಕರಣ (Ripple Tank apparatus) ವೆಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. ಇದರ ಸರಳ ರಚನೆಯು ಚಿತ್ರದಿಂದ (5.1) ಕಾಣುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 5.1 (ಕಿರಿ ಅಲೆ) ತೊಟ್ಟಿ

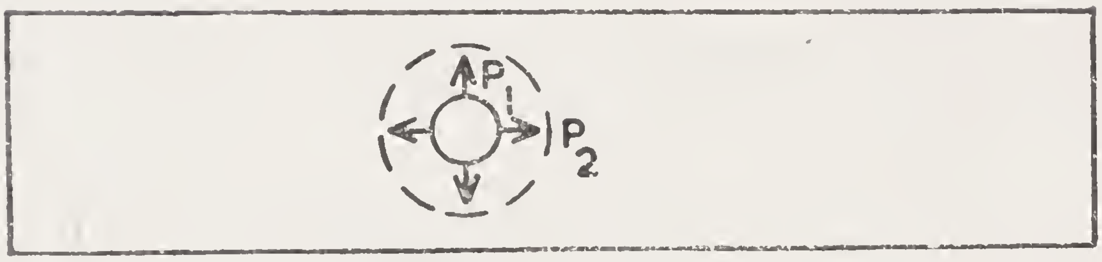
T ಎಂಬುದು ನೀರಿನ ತೊಟ್ಟಿ – ಇದರ ತಳಭಾಗವು (G) ಗಾಜಿನದಾಗಿರುತ್ತದೆ. L ಎಂಬುದು ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶದೀಪ. ನೀರಿನ ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈ W. ಈ ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ತರಂಗ ಜನಕ (Wave-generator) ದ ಮೂಲಕ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನೇರ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನಾಗಲಿ (Straight pulses) ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನಾಗಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು. L ನಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಅಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ

ಶಿಖರ, ತಗ್ಗುಗಳನ್ನು (G) ಗಾಜಿನ ತಳದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಅಲೆಗಳ ಆಕೃತಿಗಳನ್ನು S ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಕಾಗದ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಶಿಖರಗಳು ಪ್ರಕಾಶಪಟ್ಟಿಗಳಂತೆಯೂ, ತಗ್ಗುಗಳು ಕಪ್ಪಾಗಿಯೂ ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ.



a

ನೇರ ಸ್ಫುರಣ



b

ವರ್ತುಲ ಸ್ಫುರಣ

ಚಿತ್ರ 5.2

ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ 5.2 (a–b) ನೇರ ಮತ್ತು ವರ್ತುಲ ಸ್ಫುರಣಗಳನ್ನು P_1 ಎಂದು ತೋರಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳ ಸ್ವಲ್ಪಹೊತ್ತಿನ ಮೇಲೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ದೃಶ್ಯವನ್ನು P_2 ಎಂದು ತೋರಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳ ಪ್ರಸಾರ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಸೂಚಿ (↑)ಯ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

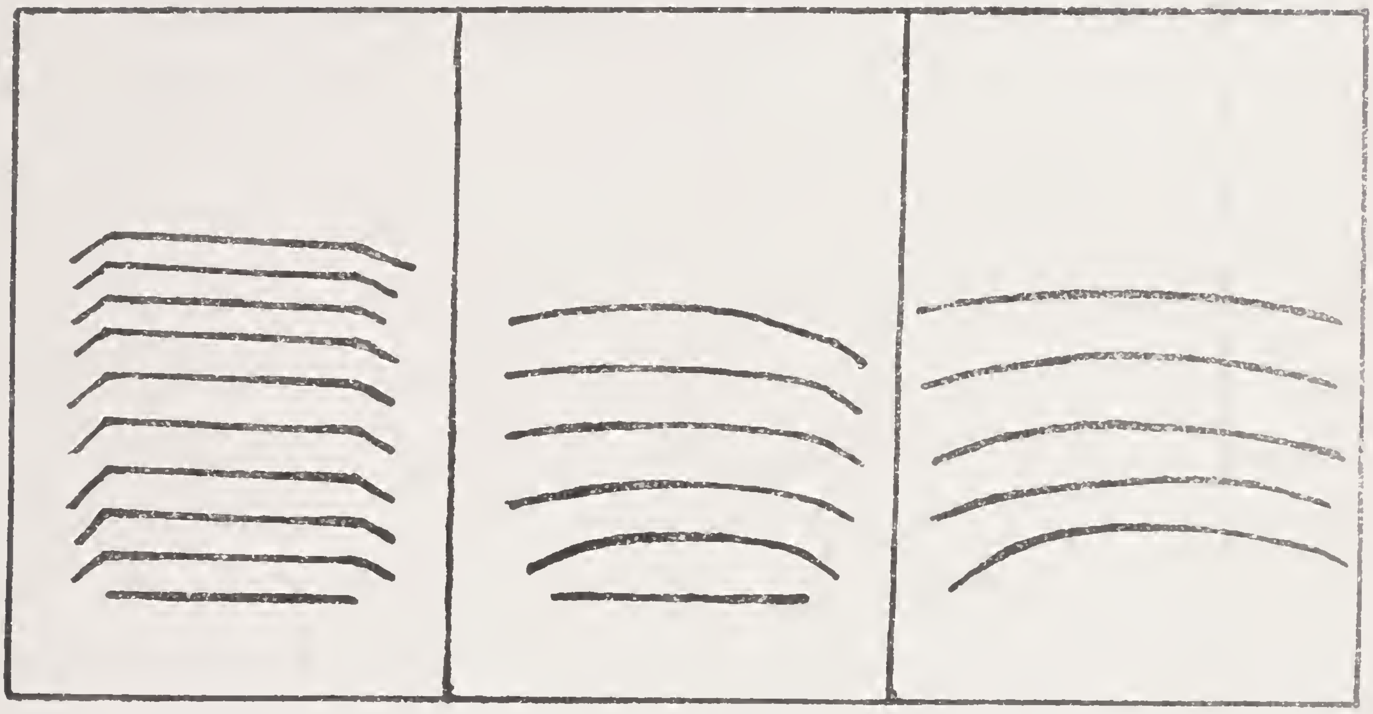
ಹೀಗೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಅಲೆಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ತಡೆಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಅಲೆಗಳ ಆಕೃತಿಗಳು ಬದಲಾಗುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಪ್ರತಿಫಲನ, ರಶ್ಮಿಭಂಗ, ಅಲೆಗಳ ಮಿಲನ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿರೋಧ ಮತ್ತು ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಎಂಬ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಈ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಟ್ಟಿದಂತೆ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಬಿಂಬಾಕೃತಿಗಳಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು. ಎಲ್ಲ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನೂ ಸುಲಭ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥಿಸಲೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲೆಗಳ ವೇಗ, ತರಂಗದೂರ ಮುಂತಾದುವುಗಳನ್ನು ಅಳತೆಗಳ ಮೂಲಕ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈಗ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಅಲೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.



(a)

ಚಿತ್ರ 5.3



(b) $d = 10\lambda$ (c) $d = 3\lambda$ (d) $d = 1.5\lambda$

ಚಿತ್ರ 5.3

ಅಲೆ ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ವಿವಿಧ ಆಳಗಳಿಗೆ ತುಂಬಿ, ನಾವು ತರಂಗ ಜನಕಗಳ ಮೂಲಕ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ತೆರೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿದರೆ, ಅಲೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅಲೆಗಳ ಆಕೃತಿಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಾಟಾಗುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಚಿತ್ರ 5.3 (a) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ G ಎಂಬುದು ನೇರ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ತರಂಗಜನಕ ಅದಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ B_1 ಮತ್ತು B_2 ಎಂಬ ಎರಡು ತಡೆಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕಂಡಿ (O) ಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟಿರಬಹುದು. ಈ ಕಂಡಿಯ ಅಗಲವನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಅಲೆಗಳು ಹಾಯುವಾಗ, ಕಂಡಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಲೆಗಳು ಬಾಗುವುದು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅಂಚುಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಗುವುದು ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಗೆ ನಿದರ್ಶನವಾಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು

ನೇರವಾಗಿ ಕಂಡಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾದರೆ, ತಡೆಗಳ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಬಾಗಲು ಅವಕಾಶವಿರದು.

ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡಿಯ ಅಗಲಕ್ಕೂ ತರಂಗಗಳ ತರಂಗಾಂತರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಅಲೆಗಳ ಬಾಗುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಆಗುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಕಂಡಿಯ ಅಗಲ $= d$ ತರಂಗಾಂತರ $= \lambda$ ಆಗಿರಲಿ ಚಿತ್ರ (G) ಯಲ್ಲಿ $d = 10\lambda$. (ಸುಮಾರು) ಇರುವಾಗ, ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಭಾಗಕ್ಕೂ ಅದರ ಎರಡು ಅಂಚಿನಲ್ಲಿರುವ ಛಾಯೆಗಳಿಗೂ ಅಂತರವು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ ಛಾಯೆಯ ಅಂಚುಗಳು ಚೂಪಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. $d = 20\lambda$, $d = 30\lambda$ ಮುಂತಾಗಿ, ಕಂಡಿಯ ಅಗಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಷ್ಟೂ, ಛಾಯೆಗಳ ಅಂಚುಗಳು ಸುನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, λ ಈ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಗುವಿಕೆಯು ಅಷ್ಟಾಗಿ ಪ್ರಬಲವಿಲ್ಲದೆ, ಅಲೆಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಂತೆಯೇ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈಗ ಕಂಡಿಯ ಅಂತರವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿ, $d = 3\lambda$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನೇರ ಅಲೆಗಳು ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿದ್ದು, ಅದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬಾಗುವಿಕೆಯು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (a) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರ (d) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ದೃಶ್ಯದಲ್ಲಿ $d = 1.5\lambda$ (ಸುಮಾರು) ಇರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಕಂಡಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ನೇರ ಅಲೆಯು ವರ್ತುಲಾಕಾರದ ಅಲೆಯಂತೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಕಂಡಿಯಿಂದ ನೇರ ಅಲೆಗಳು ವೃತ್ತಗಳಂತೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. $d = \lambda$ ಅಥವಾ $d = {}^{3}/_{4}\lambda$ ಆದರೆ, ಈ ಬಾಗುವಿಕೆಯು ಇನ್ನೂ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಎತ್ತಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿದು ಬರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ: ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯು ಪ್ರಬಲವಾಗಿ ಕಾಣಬೇಕಾದರೆ, $\frac{\lambda}{d} = 1$ ಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರಬೇಕು. $\frac{\lambda}{d}$ ಕಡಿಮೆಯಾದಷ್ಟೂ ಈ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ನಾವು ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಈ ಸಾಮ್ಯತೆಯು ಕಾಣಬಹುದು. ನಮ್ಮ ಎರಡು ಕೈ ಬೆರಳುಗಳ ನಡುವೆ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ನಿಡುಗಂಡಿ (slit) ಯನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದಲ್ಲಿ ಈ ಕಂಡಿಯು ಸುಮಾರು ${}^{1}/_{2}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಇದ್ದಾಗ, ದೀಪವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ಕಂಡಿಯನ್ನು

ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿ ಸುಮಾರು $\frac{1}{10}$ ಮಿ.ಮೀ. ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಕೈ ಬೆರಳು ಗಳಿಗೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ದೀಪವು ವಿಸ್ತರಿತವಾದಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದು ವಿಯೋಜ ನೆಗೆ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿದೆ– ಹಾಗೆಯೇ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಕಾಶ ದೀಪವನ್ನು ಕಿಟಕಿಯ ಪರದೆಯ ಮೂಲಕ ನೋಡಿದರೆ, ಆ ದೀಪವೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಲಂಬ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವರ್ಣರಂಜಿತ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಣಬಹುದು. ಇದು ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯ ಲಕ್ಷಣ ದಿಂದಲೇ.

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳು 4×10^{-5} ಸೆಂ. ಮೀ. – 8×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ಅವಧಿ ಯಲ್ಲಿರುವುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗುವುದು – ಇದನ್ನು λ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನೀರಿನ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗದ ಪ್ರಕಾರ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯು ಕಾಣಬೇಕಾದರೆ, ಕಂಡಿಯ ಅಂತರವು (d) λ ಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 10^{-4} ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಥವಾ 10^{-3} ಮಿ.ಮೀ. ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ $\frac{\lambda}{d}$ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವ ದೆಸೆಯಿಂದಲೇ. ವಕ್ರವಿಯೋಜ ನೆಯು ಪ್ರಮುಖವಾಗಿಲ್ಲದೆ, ನೇರ ಪ್ರಸಾರವಿರುವಂತೆಯೇ ನಾವು ಭಾವಿಸಬೇಕು.

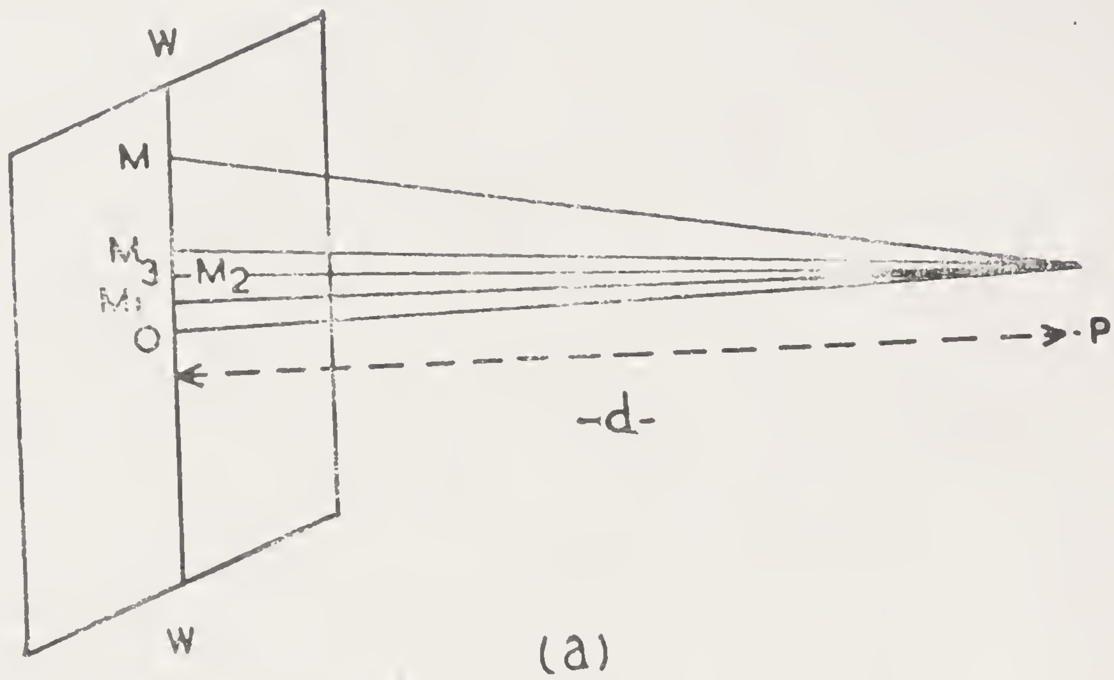
ಇದೇ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯ ತತ್ತ್ವ. ಇದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, ನೇರಪ್ರಸಾರವು ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧ ಲಕ್ಷಣವೆಂದು ಹೇಳುವಹಾಗಿಲ್ಲ. $\frac{\lambda}{d}$ ಪ್ರಮಾಣವು 1 ಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. λ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ, d ಪ್ರಮಾಣವೂ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು.

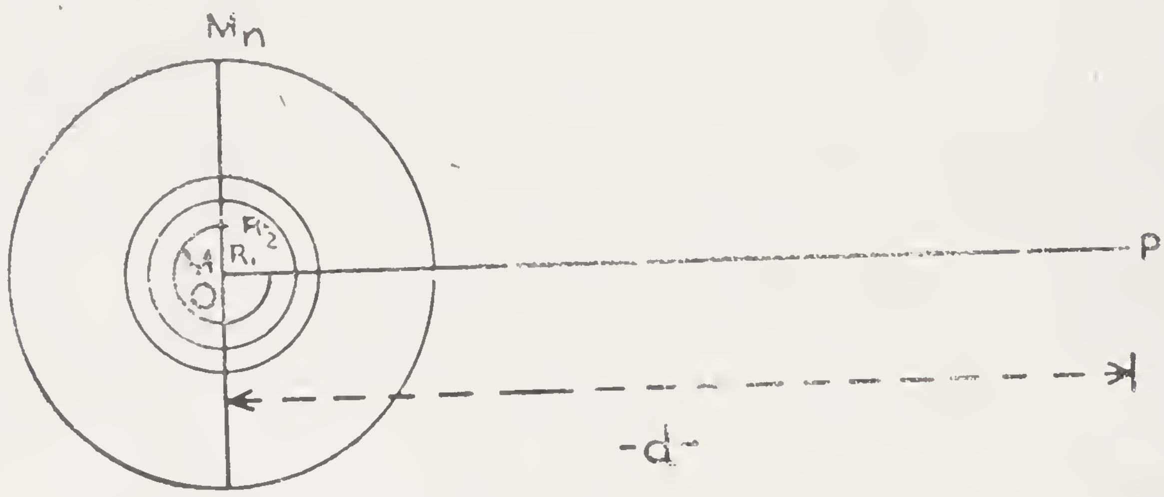
5.2 ಫ್ರೆನಲ್ ವಿವರಣೆ– ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಮಂಡಲಗಳ ರಚನೆ

(Fresnel explanation construction of Half period Zones)

ಇದುವರೆವಿಗೂ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು ಇರ ಬೇಕಾದ ನಿಬಂಧನೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿಸಲಾಯಿತು. ಅಲೆಗಳ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ದೊಡ್ಡ ತೊಡಕಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದ ನೇರ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮ ನ್ವಯಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಫ್ರೆನಲ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತಾತ್ವಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೇ ಸೊಗಸಾದ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದನು. ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಇದು ಒಂದು ಪ್ರಮುಖವಾದ ಘಟ್ಟವೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು. ಇದರ ಮೂಲಕ, ನೇರ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಸಮಾಧಾನವನ್ನು ಕೊಡುವುದು ಮಾತ್ರವಲ್ಲದೆ, ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ವಕ್ರ

ವಿಯೋಜನೆಯು ನಾನಾ ಮುಖ ಸಂಭವಗಳಿಗೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಂತಾಯಿತು. ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಭದ್ರವಾದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ ದಂತೆಯೂ ಆಯಿತು.





ಚಿತ್ರ 5.4 ಫ್ರೆನಲ್ ಅರ್ಧ ಆವೃತ್ತಿ ಮಂಡಲಗಳು

ಅಲೆಗಳು ಸಮತಲವಾಗಿದ್ದು ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತಿರುವಾಗ W W ಎಂಬುದು ಅದರ ಒಂದು ಅಲೆಮುಖ (wave-front) ವಾಗಿರಲಿ – ಇದರ ವಿವಿಧ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ, ಅವುಗಳೆಲ್ಲವೂ P ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು I ಆದರೆ, $I = A^2$ ಆಗಿ A ಎಂಬ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದೊಂದು ಬಿಂದುವೂ ಮೂಲಸ್ಥಾನದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಕಿರಿಅಲೆಗಳು (wave-lets) ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಈ ವಿವಿಧ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ P ಗೆ ಇರುವ ದೂರಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳು P ಯಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ

ವಿವಿಧ ನೆಲೆಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಯ ಶಿಖರವೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಬಿಂದುವಿನ ತಗ್ಗೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬರಬಹುದು. ಆದುದರಿಂದ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಬಂದು ಸೇರುವ ಅಲೆಗಳು ಒಂದೇ ಆವರ್ತ ಕಾಲವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೂ, ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ನೆಲೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರಬಹದು. ಇಂಥ ಸಹಸ್ರಾರು ಅಂಗಗಳಂತಿರುವ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಮೊತ್ತವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಅಸಾಧ್ಯವಾದ ಕೆಲಸವೇ ಸರಿ.

A ಎಂಬುದು ಈ ಮೊತ್ತವಾಗಿ, $a_1, a_2 \cdots$ ಗಳ ವಿವಿಧ (ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ) ಅಂಗಗಳಾದರೆ,

$$A = a_1 + a_2 + a_3 + \cdots \quad \cdots \quad + a_n$$

(ಇಲ್ಲಿ n ಎಂಬುದು ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು a_1 a_2....ಗಳ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಅನಿರ್ದಿಷ್ಟ)

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಫ್ರೆನಲ್ ಬಹಳ ಚಮತ್ಕಾರದ ವಿಧಾನದಿಂದ ಸಾಧಿಸಿದನು. ಅವನ ನಿರೂಪಣೆ ಹೀಗಿದೆ.

ಇಡೀ ಅಲೆ ಮುಖ (WW) ವನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಮಂಡಲಗಳನ್ನಾಗಿ (Zones) ವಿಭಾಗ ಮಾಡುವುದೇ ಇದರ ತತ್ತ್ವ.

P ಬಿಂದುವಿನಿಂದ PO ಎಂಬ ರೇಖೆಯು ಅಲೆ ಮುಖಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರಲಿ. PO = d ಎಂಬುದನ್ನು ಅಲೆ ಮುಖದ ಧ್ರುವ (Pole) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

P ಬಿಂದುವನ್ನು ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು

$$\left(d + \frac{\lambda}{2}\right), \left(d + \frac{2\lambda}{2}\right), \left(d + \frac{3\lambda}{2}\right) \left(d + \frac{n\lambda}{2}\right)$$

ಗಳನ್ನು ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಳ್ಳ ಗೋಳಾಕೃತಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳು ಅಲೆ ಮುಖವನ್ನು ಹಲವಾರು ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿ ಖಂಡಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ವೃತ್ತಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು OM_1, OM_2, OM_1, ... OM ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ (ಚಿತ್ರ 5.4). ಹೀಗಾಗಿ ಇಡೀ ಅಲೆನುಖವನ್ನು ಹಲವಾರು ಮಂಡಲಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗ ಮಾಡಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲವು OM_1 ತ್ರಿಜ್ಯದ ವೃತ್ತ ಇದಕ್ಕೂ OM_2 ತ್ರಿಜ್ಯದ ವೃತ್ತಕ್ಕೂ ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶವು 2ನೆಯ ಮಂಡಲ. $OM_1 = r_1$, $OM_2 = r_2$, $OM_3 = r_3$ .... $OM = r_n$ .... ಆದರೆ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ

1, 1, ... n, ಮಂಡಲಗಳು ರಚಿತವಾಗುತ್ತವೆ. $OP = d$, $OM_1 = d + \frac{\lambda}{2}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಯಿಂದ, P ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಶಿಖರವಿರುವಾಗ, ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ M_1 ನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಯಿಂದ ಒಂದು ತಗ್ಗು ಕಲ್ಪಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಪಥಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ $(\lambda/_2)$ ವಿರುವುದರಿಂದ, ನೆಲೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು π ಆಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, $M_2 P = d + \frac{2\lambda}{2}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, M_1 ನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಯೂ,, M_2 ನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಯೂ π ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದುವರೆಸಿದರೆ, ಯಾವುದೊಂದು ಮಂಡಲದ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಅಲೆಗೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಮುಂದಿನ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಬಿಂದುವಿನ ಅಲೆಗೂ ಇರುವ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು $\lambda/_2$ ಆಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲದ R_1 ಬಿಂದುವೂ, ಎರಡನೆಯ ಮಂಡಲದ R_2 ಬಿಂದುವೂ, $R_2P \sim R_1P = \frac{\lambda}{2}$ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಮಂಡಲದ ಒಂದೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೂ, ಮುಂದಿನ ಮಂಡಲದ ಮತ್ತೊಂದು ಬಿಂದುವಿಗೂ ಇರುವ ದೂರವು $\lambda/_2$ ಆಗಿರಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಮಂಡಲಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಈಗ, o ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಯು P ತಲಪುವಾಗ, ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು a_1 ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ M_1 ನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಯಿಂದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು $-a_2$ ಆಗಿರಬೇಕು. (ಒಂದು ಶಿಖರವಾದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ತಗ್ಗಾಗಬೇಕು). ಅದೇ ಕಾರಣದಿಂದ M_2 ನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಗೂ M_1 ನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಗೂ $\lambda/_2$ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದರಿಂದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ a_3 ಶಿಖರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರಬೇಕು. ಹೀಗೆಯೇ R_1, R_2 ಗಳಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, $a_{R1}' - a_{R^2}$ ಆಗಬೇಕು.

ಹೀಗೆಯೇ, 1, 2_1 ...... ಮಂಡಲಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಎಲ್ಲ ಮರಿ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಮೊತ್ತ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಬೇಕು.

1 ಮಂಡಲದ ಎಲ್ಲ ಮರಿ ಅಲೆಗಳಿಂದಲೂ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ $= S_1$

2 .... $= S_2$

3 .... $= S_3$

n .... $= s_n$

ಆದರೆ, ಇವುಗಳ ಚಿಹ್ನೆಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ವಿರುದ್ಧವಾಗುತ್ತ ಇರಬೇಕು.

S ಎಂಬುದು ಇವುಗಳ ಮೊತ್ತವಾದರೆ,

$S = s_1 - s_2 + s_3 - s_4 \cdots \cdots \pm s_n$

I = ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವಾದರೆ $I = S^2$

ಈಗ $s_1, s_2 \cdots$ ಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಕೆಲವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಬಹುದು.

(i) ಮಂಡಲದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲಗಳು

ಚಿತ್ರ – 5.4 ದ ಪ್ರಕಾರ,

$$OM_1^2 + OP^2 = M_1P^2$$

$$r_1^2 + d^2 = \left(d + \frac{\lambda}{2}\right)^2$$

$$r_1^2 = \left(d + \frac{\lambda}{2}\right)^2 - d^2 = d\lambda + \frac{\lambda^2}{4}$$

λ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು d ಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, λ^2 ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲ [$d = 100$ ಸೆಂ.ಮೀ. $\lambda = 6\times10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಇರಬಹುದು].

$$\therefore r_1^2 = d\cdot\lambda \qquad (5.1)$$

1 ನೇ ಮಂಡಲದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ $= \pi r_1^2 = \pi\, d\cdot\lambda$

$$CM_2^2 + OP^2 = M_2P^2$$

$\therefore r_2^2 \equiv (d + \lambda)^2 - d^2 = 2d\lambda$ (ಸುಮಾರು)

$$\therefore \pi r_2^2 = 2\pi d\lambda \qquad (5.3)$$

$\therefore$ 2 ನೆಯ ಮಂಡಲದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ $= \pi r_2^2 - \pi r_1^2$

$$= 2\pi d\lambda - \pi d\lambda$$

$$= \pi d\lambda \qquad (5.4)$$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ λ ಪ್ರಮಾಣವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಎಲ್ಲ ಮಂಡಲಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲಗಳೂ $\pi\cdot d\cdot\lambda$ ಗೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

(ii) O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ M_1, M_2 ... ಹೋದರೆ, M_1PO,

M_2PO,· ..ಕೋನಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಾ ಹೋಗುವ ಕಾರಣದಿಂದ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಮರಿ ಅಲೆಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಸುಮಾರಾಗಿ ಒಂದೇ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

(iii) ಹೀಗಾಗಿ, $S_2| < |S_1|, |S_3| < |S_2 \ldots |S_n| < |S_n-1|$
ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. (5.5)

ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಒಂದು ಶ್ರೇಣಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$S = s_1 - s_2 + s_3 - \ldots \ldots \ldots \pm s_n \tag{5.6}$$

ಈ ಶ್ರೇಣಿಗೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಮೊತ್ತವಿರಬೇಕು. ಒಟ್ಟು ಮಂಡಲಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ n ಆದರೆ, ಇದು ಸಮವಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದು, ವಿಷಮ ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದು. n ವಿಷಮವಾದರೆ,

$$S = s_1 - s_2 + \ldots \ldots \ldots + s_n$$

$$S = \frac{s_1}{2} + \left(\frac{s_1}{2} - s_2 + \frac{s_3}{2}\right) + \left(\frac{s_3}{2} - s_4 + \frac{s_5}{2}\right) + \ldots \ldots + \frac{s_n}{2}$$

ಅಥವಾ

$$S = s_1 - \frac{s_2}{2} - \left(\frac{s_2}{2} - s_3 + \frac{s_4}{2}\right) - \left(\frac{s_4}{2} - \frac{s_5}{} + \frac{s_6}{2}\right) - \frac{s_n-1}{2} + s_n \tag{5.7}$$

ಕಂಸಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಪದಗಳನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿದರೆ, ಮಧ್ಯಪದವು ಎರಡು ಕೊನೆಗಳ ಸರಾಸರಿಯಾಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು,

$$\underline{s_1 > s_2 > s_3}$$

ಅವುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಧನ (+) ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದರೆ,

$$\frac{s_1}{2} + \frac{s_n}{2} < S < s_1 - \frac{s_2}{2} - \frac{s_n - 1}{2} + s_n$$

ಹಾಗಿಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳು – ಚಿಹ್ನೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ,

$$s_1 - \frac{s_2}{2} - \frac{s_n - 1}{2} + s_n < s < \frac{s_1}{2} + \frac{s_n}{2}$$

ಈ ಎರಡು ಅವಧಿಗಳ ನಡುವೆ S ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು.

n ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, s_1, s_2 .... ಗಳು ಬಹಳ ಅಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಂದ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಕಂಸಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪದಗಳೆಲ್ಲ ಶೂನ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎರಡು ಅವಧಿಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿ,

$$S = \frac{s_1}{2} + \frac{s_n}{2}$$ ಆಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಹಲವು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

5.3 ತರಂಗವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ನೇರ ಪ್ರಸಾರದ ವಿವರಣೆ

ಅಲೆಯ ಮುಖವನ್ನು ಹಲವಾರು ಮಂಡಲಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಜನೆ ಮಾಡಿ, ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ d ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಉಂಟು ಮಾಡುವ ಆಂದೋಲನದ ಒಟ್ಟು ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು s ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$S = \frac{s_1}{2} + \frac{s_n}{2} \quad (5.8)$$

n = ಅಲೆಯ ಮುಖದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಮಂಡಲಗಳ ಒಟ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆ ಇದರ ಅರ್ಥವನ್ನು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ತಿಳಿಯಲು ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರ $= 6000 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ ಮೀ. $= 6 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

d = 100 ಸೆಂ.ಮೀ.



ಚಿತ್ರ 5.5

ಚಿತ್ರ (5.5) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ O ಎಂಬುದ ಅಲೆಮುಖದ ಧ್ರುವ. OP = d = 100 ಸೆಂ.ಮೀ. WW – ಅಲೆಮುಖ.

O ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿ ಉಳ್ಳ ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲದ ತ್ರಿಜ್ಯ $= r_1$

WW ಅಲೆಮುಖದಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಮಂಡಲಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ = n.

$r_1 = \sqrt{d\lambda} = \sqrt{100 \times 5 \times 10^{-5}} = 0.078$ ಸೆಂ. ಮೀ.

= 0.78 ಮಿ. ಮೀ. (59)

n = 10,000 ಆಗಿರಲಿ.

$r_n = \sqrt{10{,}000.\ d.\lambda} = 100 \times 0.078 = 7.8$ ಸೆಂ.ಮೀ.

ಅಂದರೆ 10, 000 ನೇ ಮಂಡಲದ ಪರಿಧಿಯು O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ

7.8 ಸೆಂ.ಮೀ.

$$S = \frac{s_1}{2} + \frac{s_n}{2} = \frac{s_1}{2} + \frac{s_{10,000}}{2}$$

ಕೊನೆಯ ಮಂಡಲದಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ $s_{10,000}$ ಆಗಿದ್ದು ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಆದ್ದರಿಂದ $S = \frac{s_1}{2}$; ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣ $I = \frac{s_1^2}{4}$ (5.10)

ಅಂದರೆ, 10,000 ಮಂಡಲಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಇಡೀ ಅಲೆ ಮುಖದ ಪರಿಣಾಮವು 1 ನೇ ಮಂಡಲದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯದ ಅರ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ 99.99 ಮಂಡಲಗಳಿಂದ ಯಾವ ಪ್ರಭಾವವಿಲ್ಲವೆಂದಾಯಿತು. ಈ ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲದ ವಿಸ್ತಾರವಾದರೂ ಎಷ್ಟು ? 0.78 ಮಿ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯದ ವೃತ್ತ.

ಇದರ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ $= \pi r_1^2 = 0.019$ ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. (5.11)

ಅಲೆಗಳು ಹೊರಡುವ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಎಷ್ಟೇ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲಿ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, ಅದರಿಂದ 1 ಮೀಟರ್ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಮೊತ್ತ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲದ, 0.019 ಚ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಗಳ ಒಟ್ಟು ಮೊತ್ತದ ಅರ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆಯೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ O ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಟ ಅಲೆಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ನೇರವಾಗಿಯೇ PO ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾದಂತೆ ತಿಳಿದರೆ ತಪ್ಪಾಗಲಾರದು. ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧದಲ್ಲಿ ಹೇಳುವು ಹಾದರೆ, ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನೇರ ಪ್ರಸಾರವನ್ನೇ ವಿವರಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಇದರ ಮುಖ್ಯಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರದ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣ. ಹೀಗಾಗಿ, ತರಂಗ ವಾದಕ್ಕೆ ಸಂಭವಿಸಿದ್ದ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆ ಪರಿಹಾರವಾದಂತಾಯಿತು.

5.4 ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರಗಳು ಅಥವಾ ತಡೆಗಳು ಇದ್ದರೆ ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ವಕ್ರ ವಿಯೋಜನೆ (ಅಥವಾ ಸಮನ)

ಹಿಂದಿನ ವಾದ ಸರಣಿಯನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, O ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನಾಗಲಿ, ತಡೆಗಳನ್ನಾಗಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಆ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರದ ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟೇ ಇದ್ದರೆ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯಾಗುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು.

ಹಿಂದಿನ ಚಿತ್ರ (5.5) ದಲ್ಲಿದ್ದಂತೆಯೇ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ O ಬಿಂದುವಿನ ಸುತ್ತ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರವಿರಲಿ. ಅಂದರೆ, ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ರಟ್ಟಿನ ಅಟ್ಟೆಯನ್ನಿಟ್ಟು ಅದರ ಕೇಂದ್ರ O ದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸೂಜೀ ರಂಧ್ರವಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದರ ತ್ರಿಜ್ಯ r ಆಗಿರಲಿ. $\lambda = 6 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ. $d = 100$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$r = r_1 = 0.78$ ಮಿ.ಮಿ. ಇದ್ದರೆ, ರಂಧ್ರದ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಒಂದು ಮಂಡಲಕ್ಕೆ ಸ್ಥಾನವಿದ್ದಂತಾಯಿತು, ಆದ್ದರಿಂದ O ಬಿಂದುವನ್ನು ಧ್ರುವವನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ 1 ಮಂಡಲ ಮಾತ್ರ ಇದ್ದಂತಾಯಿತು.

$$\therefore \quad S = s_1 \qquad I_1 = s_1^2 \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \tag{5.12}$$

ಇದು ಒಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮ. ಏಕೆಂದರೆ, ರಂಧ್ರವು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡದಾಗಿದ್ದು ಸಾವಿರಾರು ಮಂಡಲಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿದ್ದರೆ,

$$S = \frac{s_1}{2} \quad I = \frac{s_1^2}{4} \quad (5.10)$$

ಇದರ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರಕಾಶವು, 0.78 ಮಿ.ಮೀ. ರಂಧ್ರದಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ರಂಧ್ರವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡಿ $r = r_2 = \sqrt{2}.\, r_1$ $r_2 = \sqrt{2}.\, 0.78$ ಮಿ.ಮೀ. ಆದರೆ, ಎರಡು ಮಂಡಲಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿದ್ದು

$$S = s_1 - s_2 \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.}$$

s_1, s_2 ಗಳು ಬಹಳ ಹತ್ತಿರವಿರುವುದರಿಂದ $S = O$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಮತ್ತು $I_2 = O$ ಅಂದರೆ, ಪ್ರಕಾಶ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

0.78 ಮಿ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯದ ರಂಧ್ರದಿಂದ $I_1 = s_1^2$ (5.13)

1.10 ಮಿ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯದ ರಂಧ್ರದಿಂದ $I_2 = O$

ರಂಧ್ರವನ್ನು ದೊಡ್ಡದು ಮಾಡಿದ್ದರ ಫಲಿತಾಂಶ ಪ್ರಕಾಶ ಶೂನ್ಯತೆ ! ಇದೂ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯ.

$r = r_3$ ಆದರೆ, ಮೂರು ಮಂಡಲಗಳಿದ್ದು

$$S = s_1 - s_2 + s_3 = \quad s_3 \text{ (ಸುಮಾರು) } I_4 = s_3^2$$

ಅಂದರೆ, ರಂಧ್ರದ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿಯೂ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವಾಗ ನೇರ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿ, ವಕ್ರ ವಿಯೋಜನೆಯು ಉಂಟಾಗುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ.

O ಬಿಂದುವನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತಡೆಯನ್ನು ಇಡುವುದರ ಪರಿಣಾಮ : ಇದು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಲೋಹದ ಗುಂಡಿನಂತಿರಬಹುದು. ಅದರ ತ್ರಿಜ್ಯವು r ಆಗಿರಲಿ. ಈ ಗುಂಡಿನ ಸುತ್ತ ಬೆಳಕಿಗೆ ಯಾವ ಪ್ರತಿ ಬಂಧಕವೂ ಇಲ್ಲ. ಗುಂಡು ಮಾತ್ರ ಅಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(ಚಿತ್ರ 5.5)

ಗುಂಡಿನ ತ್ರಿಜ್ಯವು $r = r_1 = 0.78$ ಮಿ.ಮೀ. ಆದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ 1 ನೆಯ ಮಂಡಲದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಅಲೆಗಳು ಬರುವಹಾಗಿಲ್ಲ. ಅದರ ಸುತ್ತಲಿರುವ ಸಾವಿರಾರು ಮಂಡಲಗಳಿಂದ ಅಲೆಗಳು ಬಂದು ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ.

ಅಂದರೆ, O ಬಿಂದುವನ್ನು ಧ್ರುವವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ರಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ S ಆದರೆ,

$$\therefore \quad S = s_2 - s_3 + s_4 - s_5 + \cdots \quad \cdots$$

ಮಂಡಲಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಅನಂತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$S = \frac{s_2}{2} \quad I = \frac{s_2^2}{4} \quad \text{ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (5.14)$$

ಪ್ರತಿಬಂಧಕವಿಲ್ಲದೆ, ಇಡೀ ಮಂಡಲಗಳು ತೆರೆದಿದ್ದರೆ, $I = \dfrac{s_1^2}{4}$

$\dfrac{s_1^2}{4}$, $\dfrac{s_2^2}{4}$ ಎರಡು ಸುಮಾರಾಗಿ ಸಮನಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಈ ತಡೆ (ತ್ರಿಜ್ಯ 0.78 ಮೀ.ಮೀ.) ಇದ್ದರೂ, ಪ್ರಕಾಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ !

ಇದೂ ಒಂದು ವಿಸ್ಮಯಕಾರಕ ವಿಷಯವೇ. ನೇರ ಪ್ರಸಾರದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಶೂನ್ಯವಾಗಿ ಅದರ ಸುತ್ತ ನೆರಳಿನ ಪ್ರದೇಶವಿರಬೇಕು. ವಾಸ್ತವ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಹಾಗಿಲ್ಲದೆ, ಪ್ರಕಾಶ ಚುಕ್ಕೆಯಿದ್ದು, ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವು ತಡೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಏನೂ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಎಷ್ಟೋ ಅಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ !

ಹೀಗೆಯೇ $r = r_2 = \sqrt{2} \times 0.78$ ಮಿ.ಮೀ ಆದರೆ,

ಮೊದಲನೆಯ ಎರಡು ಮಂಡಲಗಳ ಅಭಾವವಿದ್ದರೂ,

$$S = s_3 - s_4 + s_5 - \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots$$

$$=\frac{S_3}{2}$$

$$I=\frac{S_3^2}{4}$$ ಮೊದಲಿಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶ.

ರಂಧ್ರದ ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ,

$r=1.1$ ಮಿ.ಮೀ—ರಂಧ್ರ. $I=0$

$r=1.1$ ಮಿ.ಮೀ. ಪ್ರತಿಬಂಧಕ. $I=\frac{S_3^2}{4}$

ತೆರೆದಿದ್ದರೆ, ಕತ್ತಲೆ, ಅಡಚಣೆ ಇದ್ದರೆ, ಪ್ರಕಾಶ !! ಇದೂ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರವೇ ಸರಿ.

ಇವುಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಡೀಕರಿಸಿದರೆ ಫಲಿತಾಂಶವು ಹೀಗಿದೆ :

ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣ

i) ಅಲೆಮುಖದ ವಿಸ್ತಾರ—ಅತಿ ದೊಡ್ಡದು. ಮಂಡಲಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ —ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು. } $I_0=\frac{S_1^2}{4}$

ii) ಸೂಚೀರಂಧ್ರದ ಕ್ಷೇತ್ರ. ತ್ರಿಜ್ಯ $=r_1=0.78$ ಮಿ.ಮೀ

$I_1=S_1^2=4I_0$

(1 ಮಂಡಲ)

,, $=r_2=1.1$ ಮಿ.ಮೀ $I_2=0$

(2 ಮಂಡಲಗಳು)

,, $=r_3=\underline{0.78\times\sqrt{3}}$ ಮಿ.ಮೀ

$I_3=S_3^2=I_1$ (ಸಮಾರು)

(3 ಮಂಡಲಗಳು)

iii) ಅಪಾರದರ್ಶಕ ತಡೆ ಅಥವಾ ಪ್ರತಿಬಂಧಕ } ತ್ರಿಜ್ಯ $=r_1=0.78$ ಮಿ.ಮೀ $I_1^1=\frac{S_2^2}{4}$

(1 ಮಂಡಲ)

(ಇದು I_0 ಅಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ)

,, $=r_2=1.1$ ಮಿ.ಮೀ $I_2^1=S_3^2$

(5.15)

ಗುಂಡಿನ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಅದರಲ್ಲಿ K ಮಂಡಲಗಳು ಅಡಕವಾದರೆ

$I_K^1=\frac{S^2_{K+1}}{4}$ K ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಇದು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. (5.16)

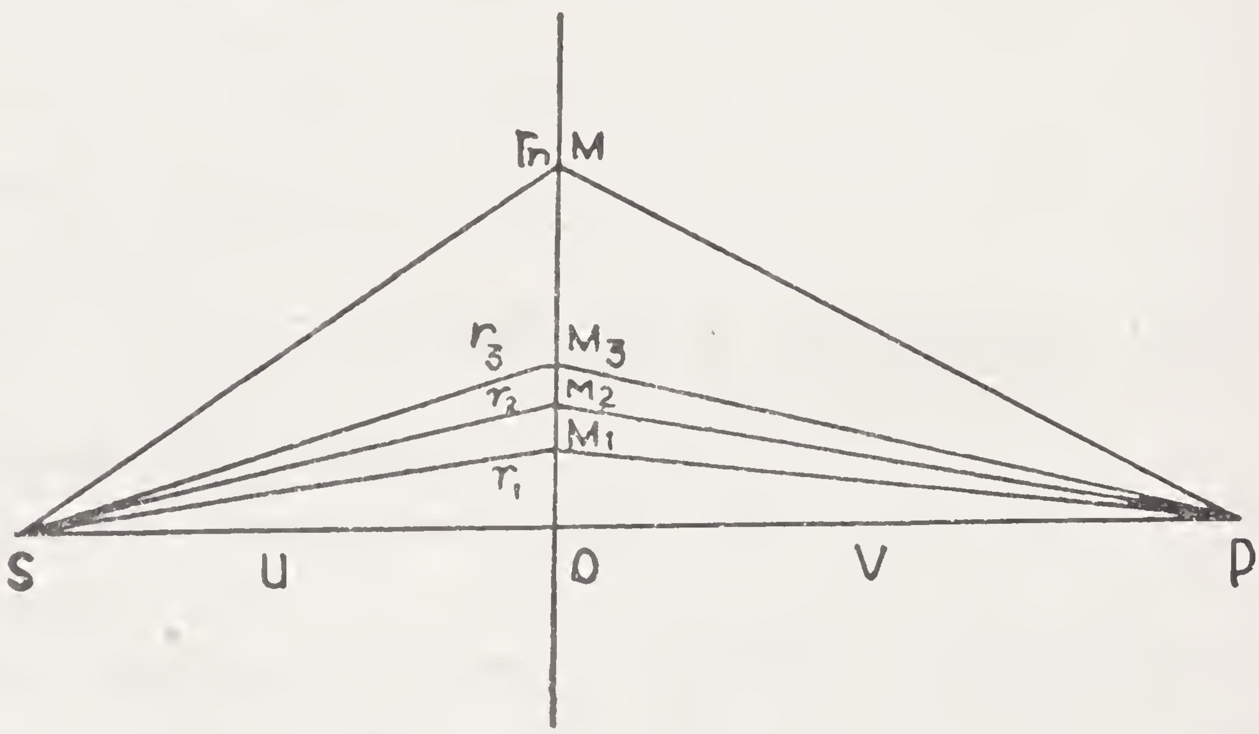
$K=10,000$ ಆದರೆ, $r_{10,000}=7.8$ ಸೆಂ.ಮೀ.

ಈ ತ್ರಿಜ್ಯದ ತಡೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಶೂನ್ಯವಾಗಿ ಛಾಯೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೂ ನೇರ ಪ್ರಸಾರದ ಅರ್ಥದ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಸೇರಿಸಿ ಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

5.5. ಮಂಡಲ ಫಲಕ (Zone-Plate)

ಫ್ರೆನಲ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ತರಂಗವಾದದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನೇರ ಪ್ರಸಾರದ ವಿವರಣೆಯನ್ನೂ, ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಗೆ ಕಾರಣವನ್ನೂ ತಿಳಿದಿದ್ದಾಯಿತು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ನಮ್ಮ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನುಭವದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ (ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರದ ಗಣನೆಯಲ್ಲಿ) ಆವರಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವ ರಂಧ್ರಗಳೇ ಆಗಲಿ, ಅಡಚಣೆಗಳಂತಿರುವ ತಡೆಗಳಾಗಲಿ, ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ನೇರ ಪ್ರಸಾರದ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಲಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

ಈ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಆಧಾರಭೂತವಾದ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಮಂಡಲಗಳ ರಚನೆಯನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಒಂದು ಸರಳ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಮಂಡಲ ಫಲಕವೆಂದು ಹೆಸರು. ಹೀಗೆ ರಚಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ವರ್ತನೆಯು ನಮ್ಮ ಪ್ರಧಾನ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಮತ್ತೊಂದು ಬೆಂಬಲ ದೊರೆತಂತಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 5.6 ಮಂಡಲ ಫಲಕದ ರಚನೆ.

S ಎಂಬುದು ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಬಿಂದುವಾಗಿರಲಿ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ λ ಆಗಿರಲಿ. S ನಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಅಲೆಗಳು

ಗೋಳಾಕೃತಿಯಾಗಿ ಹರಡುತ್ತವೆ. ಈ ಅಲೆಗಳ P ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಯಾವ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆಯೆಂಬುವನ್ನು ತಿಳಿಯೋಣ.

S, P ಗಳ ನಡುವೆ O ಬಿಂದುವಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಚಿತ್ರದ ಲಂಬದ ಸಮತಲವಿದ್ದು ಇದನ್ನೇ ವಿವಿಧ ಮಂಡಲಗಳನ್ನಾಗಿ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಭಜಿಸ ಬೇಕು. ಈ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ O ಬಿಂದುವನ್ನು ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ ವೃತ್ತ ಗಳನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು OM_1, OM_2,...... ...... OM, ಕ್ರಮವಾಗಿ r_1, r_2,................r_n ಆಗಿರಲಿ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ವಿಧಾನವು ಹೀಗಿರಬೇಕು.

$$SO = u$$

$$OP = v \qquad SO + OP = u + v$$

$$SM_1 + M_1P = u + v + \frac{\lambda}{2} \qquad OM_1 = r_1$$

$$SM_2 + M_2P = u + v + 2\lambda/_2 \qquad OM_2 = r_2$$

$$SM + MP = u + v + \frac{n\lambda}{2} \qquad OM = r_n \qquad (5.17)$$

ಈಗ, ಈ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಮಂಡಲಗಳಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲ (r_1 ತ್ರಿಜ್ಯ)ದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆ ಗಳಿಗೂ, ಎರಡನೆಯ ಮಂಡಲದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳಿಗೂ ಸರಾಸರಿ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸ $\lambda/_2$ ಆಗಿದ್ದು, ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲದ ಅಲೆಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ s_1 ಆಗಿದ್ದು, ಎರಡನೆಯ ಮಂಡಲದಿಂದ s_2 ಆದರೆ ಒಟ್ಟು $s_1 - s_2$ ಆಗಬೇಕು. ಇದ್ದೇ ಫ್ರೆನಲ್ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ರಚಿತವಾದ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಮಂಡಲಗಳ ಲಕ್ಷಣ. ಇದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲು, r_1, r_2 . . . . r_n ಗಳ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$SM_1^2 = SO^2 + OM_1^2 = u^2 + r_1^2$$

$$SM_1 = \sqrt{u^2 + r_1^2} = u\sqrt{1 + \frac{r_1^2}{u^2}} = u\left\{1 + \frac{r_1^2}{2u^2}\right\} = u + \frac{r_1^2}{2u}$$

ಹಾಗೆಯೇ

$$M_1P^2 = OP^2 + OM_1 = v^2 + r_1^2$$

$$M_1P = \sqrt{v^2 + r_1^2} = v + \frac{r_1^2}{2v}$$

$$SM_1 + M_1P = u + v + \frac{r_1^2}{2u} + \frac{r_1^2}{2v} = u + v + \frac{\lambda}{2}$$

$$\because \frac{r_1^2}{2}\left\{\frac{1}{u} + \frac{1}{v}\right\} = \frac{\lambda}{2}$$

$$r_1^2 = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{u} + \frac{1}{v}\right)} \qquad (5.18)$$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ $MO = r_n$. $SM + MP = u + v + \frac{n\lambda}{2}$ ಆದರೆ,

$$SM = u + \frac{r_n^2}{2u}$$

$$MP = v + \frac{r_n^2}{2v}$$

$$SM + MP = u + v + \frac{r_n^2}{2u} + \frac{r_n^2}{2v} = u + v + \frac{n\lambda}{2}$$

$$\therefore r_n^2 = n\lambda \Big/ \left\{\frac{1}{u} + 1/_v\right\} \qquad (5.19)$$

$$\frac{r_n^2}{r_1^2} = n$$

$$\therefore r_1 : r_2 : r_3 : \therefore r_n = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \sqrt{n} \qquad (5.20)$$

ಹೀಗಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಮಂಡಲಗಳೂ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಮಂಡಲಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ.

ಮತ್ತು $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{n\lambda}{r_n^2}$

ಇದರ ರೂಪವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಮಸೂರದ ಸಮೀಕರಣದ ರೂಪದಂತೆಯೇ ಇದೆ. ಅದನ್ನು ಇದರೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ,

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{n\lambda}{r_n^2} = 1/f \qquad (5.21)$$

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ, $\frac{n\lambda}{r_n^2} =$ ನಿಯತಾಂಕ ಪೀನ ಮಸೂರದಲ್ಲಿಯೂ, u, v ಗಳು ಮೂಲವಸ್ತು ಮತ್ತು ಅದರ ಪ್ರತಿ

ಬಿಂಬಗಳ ದೂರಗಳಾದರೆ, $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = 1/f$ ಆಗಿ, f = ಸಂಗಮ ದೂರವಾಗುತ್ತದೆ. ನಮ್ಮ ಮಂಡಲ ಫಲಕವನ್ನು ಪೀನ ಮಸೂರದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿ.

$$f = \frac{r_n^2}{n\lambda} \text{ ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು.} \qquad (5.22)$$

ಹೀಗೆ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಎಲ್ಲ ಮಂಡಲಗಳಿಂದಲೂ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಸಂಧಿಸುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿರೋಧದ ಫಲವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ 2, 4, 6 .... ಅಂದರೆ ಸಮಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಕಪ್ಪು ಹಚ್ಚಿದರೆ ಅವುಗಳಿಂದ P ಬಿಂದುವಿಗೆ ಬರುವ ಅಲೆಗಳನ್ನು ತಡೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ,



ಚಿತ್ರ 5.7

$$S = s_1 - s_2 + s_3 - s_4 + \cdots \quad \cdots$$

s_2, s_4 ...... ಗಳು O ಆಗಿ (ಶೂನ್ಯ)

$$S = s_1 + s_3 + s_5 + \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots$$

ಪಾರದರ್ಶಕ ಭಾಗಗಳಾದ, 1, 3, 5 ...... ಮಂಡಲಗಳಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಗಳು ಸಮಾನ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿದ್ದು ಒಟ್ಟುಗೂಡುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಬರುವ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳು ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. P ಬಿಂದುವನ್ನು 'S' ಎಂಬುದರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನಾಗಿ ಎಣಿಸಬಹುದು. ಆಗ, S O = u, O P = v ಆಗಿ, $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = 1/f$ ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಪೀನ ಮಸೂರದ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಈ ವಿಶೇಷ ಮಂಡಲ ಫಲಕವು ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು

ರಚಿಸಿ, 1, 3, 5 ..... ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಬಿಟ್ಟು, 2, 4, 6 ... ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಕಪ್ಪು ಮಾಡಬೇಕು. ನೇರವಾಗಿ ಈ ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ರಚಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಲ್ಲದ್ದರಿಂದ ಬೇರೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಮಾನವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಹತ್ತಾರು ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ರಚಿಸಬೇಕು. ಇವುಗಳ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು $1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \sqrt{n}$, ಆಗಿರಬೇಕು. ಮೊದಲನೆಯ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯ R_1 ಸೂತ್ರವಾದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿದರೆ, ಮಿಕ್ಕವುಗಳು ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ನಂತರ, 1, 3, 5, ... ಮಂಡಲಗಳನ್ನು ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಕಪ್ಪು ಮಸಿಯುಬೇಕು. ತರುವಾಯ ಈ ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಇರುವ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಒಂದು ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಸಾಮಾನ್ಯ ಛಾಯಾ ತಟ್ಟೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಸೂಕ್ತ ರಾಸಾಯನಿಕ ದ್ರವಗಳಿಂದ ತೊಳೆದರೆ ಆ ಗಾಜಿನ ಫಲಕವು ಋಣಫಲಕವಾಗುತ್ತದೆ (negative plate). ಈ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಮುದ್ರಿತವಾಗಿರುವ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಹಿಂದೆ ರಚಿಸಿದ್ದ ವೃತ್ತಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಕುಚಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲದ ತ್ರಿಜ್ಯವು r_1 ಆದರೆ, ಮಿಕ್ಕ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು $\sqrt{2}\, r_1$, $\sqrt{3}\, r_1$, ... ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ಋಣ ಫಲಕದಲ್ಲಿ 1, 3, 5 .... ಗಳು ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿಯೂ, 2, 4, 6 ...... ಮಂಡಲಗಳು ಅಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ಫಲಕವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದರ ಒಂದು ಕಡೆ ಮೂಲಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತುವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆ ಒಂದು ಪರದೆಯನ್ನು ಸರಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ದೂರಗಳನ್ನು u ಮತ್ತು v ಕರೆದು, ಅವುಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ,

$$\frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1} = \frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2} = \ldots\ldots\ \ldots\ldots = 1/f$$

ಆಗುತ್ತದೆ (5.23)

ಇದರಿಂದ ಸಮಾನ ಪೀನ ಮಸೂರದ ಸಂಗಮದೂರ (focal length of the equivalent leus) f ಆಗುತ್ತದೆ.

ಫಲಕದ ಮೊದಲನೆಯ ಮಂಡಲದ ತ್ರಿಜ್ಯವು r_1 ಆದರೆ,

$$\frac{1}{f} = \frac{n\lambda}{r_n^2} = \frac{\lambda}{r_1^2} \qquad f = \frac{r_1^2}{\lambda} = \frac{r_n^2}{n\lambda}$$

λ ಮತ್ತು r_1 ಗಳು ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ, 'f' ಪ್ರಮಾಣ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ಉದಾಹರಣೆ

ಒಂದು ಮಂಡಲ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ರಚಿಸಿರುವ 100 ನೆಯ ಮಂಡಲದ ತ್ರಿಜ್ಯವು 0.78 ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿಯೂ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು 6000 A° ಆದರೆ, ಅದರ ಸಂಗಮ ದೂರದ ಪ್ರಮಾಣವೇನು ?

ಇಲ್ಲಿ $f = \frac{r_n^2}{n\lambda}$ $n = 100, \lambda = 6 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$r_n = 0.78$ ಸೆಂ. ಮೀ.

$$f = \frac{0.78 \times 0.78}{100 \times 610^{-5}} = 101.4 \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.}$$

ಅಂದರೆ, ಈ ಮಂಡಲ ಫಲಕದ ಒಂದು ಕಡೆ ಅತಿ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ $(u = \infty)$ ಒಂದು ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತುವಿದ್ದರೆ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳು ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಾಗ ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳಂತೆ (Plane) ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆ ಒಂದು ಪರದೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅದರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದರ ದೂರವು $f = 101.4$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಮಂಡಲದ ಫಲಕವನ್ನು ಪೀನಮಸೂರದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಕೆ :

1. ಪೀನ ಮಸೂರದಲ್ಲಿ ಸತ್ಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಇಡೀ ಅಲೆ ಮುಖವು ಸಂಗಮವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳೂ ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಸೇರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಮಂಡಲ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾಗುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನೆಲೆ ಗಳಿದ್ದು ಅವುಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು $2\pi, 4\pi, 6\pi$, ... ಆಗುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ದೃಕ್ ಪಥಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು $\lambda, 2\lambda, 3\lambda$ .... ಆಗಿರುತ್ತವೆ.

2. ಪೀನ ಮಸೂರದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, f_r, f_v ಗಳು ಕೆಂಪು ಊದ ಕಿರಣ ಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ತರಂಗ ದೂರಗಳಾದರೆ, $f_r > f_v$,

ಆದರೆ, ಮಂಡಲ ಫಲಕದಲ್ಲಿ

$$f = \frac{r_1^2}{\lambda} \text{ ಆಗಿ}$$

$$f_r = \frac{r_1^2}{\lambda_r}$$

$$f_v = \frac{r_1^2}{\lambda_v} \qquad (5.25)$$

$\lambda_r > \lambda_v \therefore f_r < f_v$ ಪೀನ ಮಸೂರಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧ ವರ್ತನೆ

3. ಪೀನ ಮಸೂರಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಕಿಗೆ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪ್ರಮಾಣದ ಸಂಗಮ ದೂರವಿರುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ಮಂಡಲ ಫಲಕಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವ ಸಂಗಮ ದೂರಗಳಿರಲು ಸಾಧ್ಯ. ಇವುಗಳನ್ನು f, $f/_3$, $f/_5$, $f/_7$ .... ಎಂದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ $f = \frac{r_1^2}{\lambda}$

ಇದನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಮಂಡಲ ಫಲಕ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ f ಎಂಬುದು ಪ್ರಧಾನ ಸಂಗಮ ದೂರವಾಗಿದ್ದು f , ದೂರದಲ್ಲಿ ತೆರೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಮಂಡಲ ಫಲಕದ ಮಂಡಲಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಬೇಕು.

$$f=d \text{ ಆದರೆ } f^1=\frac{d}{3}=d^1$$

ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, 1, 2, 3......ಮಂಡಲಗಳು

$$\pi r_1'^2=\pi \cdot d'\lambda$$
$$\pi r_2'^2=\pi \cdot d'\cdot 2\lambda$$
$$\pi r_3'^2=\pi \cdot d'=3\lambda= \quad \pi \cdot \frac{d\cdot}{3} \quad 3\lambda=\underline{\pi \cdot d\cdot \lambda}$$

ಅಂದರೆ, 1 ಮಂಡಲವನ್ನು 3 ಮಂಡಲಗಳನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಬೇಕು, ಹೀಗೆಯೇ 2 ಮಂಡಲ, 3 ಮಂಡಲ............ಗಳು ಮೂರು ಮೂರು ಭಾಗಗಳಾಗಿರುವಂತೆ ಗುಣಿಸಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ,

$$s_1 = s_1' + s_2' + s_3' = (s_1'-s_2') + s_3' -$$
$$s_2 = s_4' + s_5' + s_6' = 0$$
$$s_3 = s_7' + s_8' + s_9' = (s_7'-s_8') + s_9'-$$
$$S = s_1 + s_3 + s_5 + \cdots \quad \cdots$$
$$= (s_1'-s_2' + s_3') + (s_7'-s_8' + s_9') + \cdots \quad \cdots$$
$$= s_3' + s_9' + \quad \cdots$$

$$= \frac{s_1}{3} + \frac{s_3}{3} + \cdots \quad \cdots \quad \text{(ಸುಮಾರಾಗಿ)} \qquad (5.26)$$

ಹೀಗಾಗಿ, ಒಟ್ಟು ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ, $f/_3$ ದೂರದಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾಗುತ್ತದೆ– ಇತರ ದೂರಗಳು ಹೀಗಿಯೇ $f/_5$, $f/_7$, ... ಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಧಿಸಬಹುದಾಗಿರುವುದರಿಂದ

ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಮಂಡಲಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ನೇರವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯಾದಂತಾಯಿತು. ತರಂಗ ವಾದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಬೆಂಬಲ ದೊರಕಿದ ಹಾಗಾಯಿತು.

5.6 ಫಲಕದ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ನಮನ

(Diffraction at a straight edge)

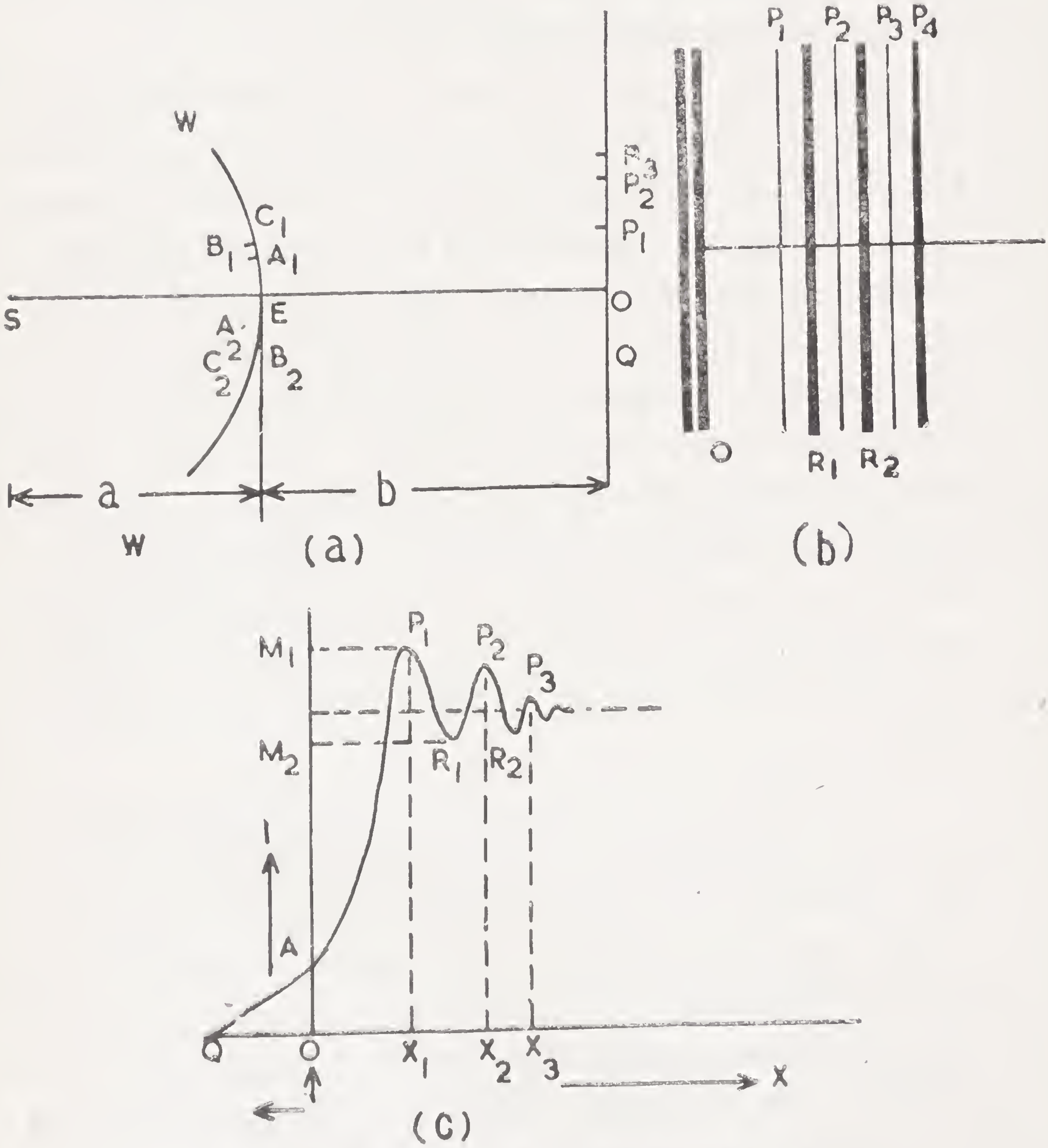
ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರವೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಈ ಅಲೆಗಳು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ರಂಧ್ರಗಳ ಅಥವಾ ತಡೆಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ನೇರಪ್ರಸಾರವಾಗದೆ, ಅಲೆಗಳು ಬಾಗುತ್ತವೆಯೆಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ.

ಈ ನಮನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು (1) ಫ್ರೆನಲ್ ಮಾದರಿ, ಮತ್ತು (2) ಫ್ರಾನ್ ಹಾಫರ್ (Fraunhofer) ಮಾದರಿ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯದಾದ ಫ್ರೆನಲ್ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತುವು ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ, ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಗಲವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂಥ ನಿಡುಗಂಡಿ (narrow slit) ಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದಲ್ಲಿ (ಸುಮಾರು 10, 20 ಸೆಂ.ಮೀ) ನಮನ ಮಾಡುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ಇಡಬಹುದು. ಇದು ನೇರವಾದ ಚೂಪು ಫಲಕದ ಅಂಚಿನ (Straight edge) ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದು ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ನಿಡುಗಂಡಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ನಿಡುಗಂಡಿಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಮೂಲ ನಿಡುಗಂಡಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರಬಹುದು – ಈ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ (50, 60 ಸೆಂ.ಮೀ) ಒಂದು ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಬರುವ ಪ್ರಕಾಶ ಚಿತ್ರದ ಸ್ವರೂಪವು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

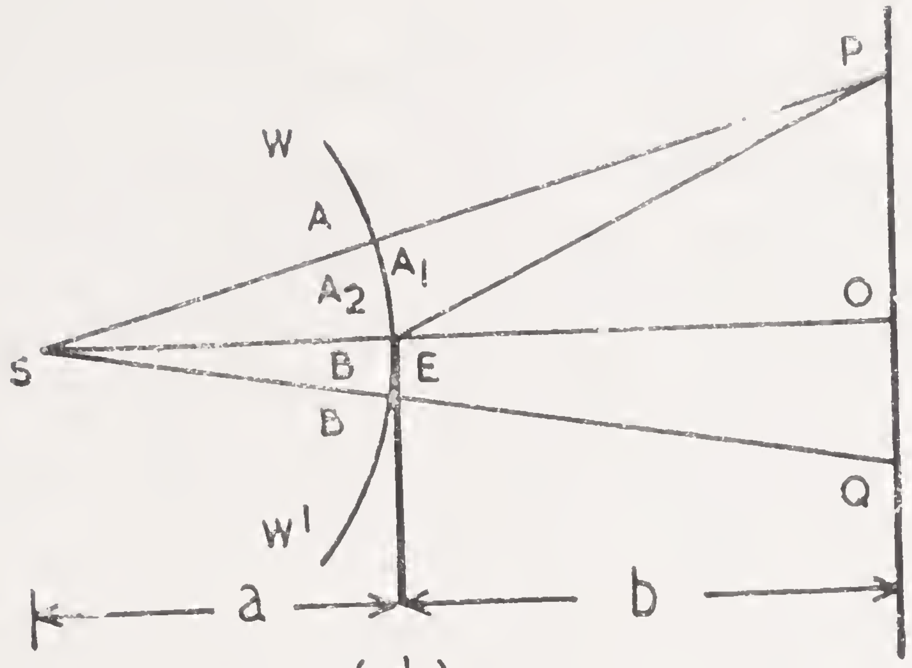
ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ 4 ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳನ್ನೂ ಅಂದರೆ, ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶದ ದೀಪ, ಸೂಕ್ಷ್ಮ ನಿಡುಗಂಡಿ, ನಮನ ಮಾಡುವ ಅಲಗಿನ ಅಂಚು, ಮತ್ತು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡುವಂತೆ ತಿರುಪುಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಕಣ್ಣುಮಸೂರ – ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿರುವ ದೃಕ್ ಪ್ರಯೋಗ ಬೆಂಚಿನ (Optical Bench) ಮೇಲೆ ನಿಂತಿರುವ ಸ್ತಂಭಗಳಿಗೆ ಜೋಡಿಸಬಹುದು. ಮೂಲನಿಡುಗಂಡಿಯ ಅಕ್ಷ ನಮನ ವಸ್ತುವಿನ ಅಂಚು ಸಮಾನಾಂತರವಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅವುಗಳ ನೇರ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಕಣ್ಣು ಮಸೂರವನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಅಳವಡಿಸಿ, ಎಲ್ಲ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ

ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಗೊಂಡರೆ, ಈ ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ನಾವು ದೃಕ್ ಪಥದಲ್ಲಿ ಹಲವು ನೇರವಾದ ನಮನ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು (Diffraction Bands) ನೋಡುತ್ತೇವೆ. ಒಂದು ಕಡೆ ಛಾಯೆಯುಂತಿದ್ದು ಅದರ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆ, ವಿವಿಧ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಗೆರೆಗಳನ್ನು ಕಾಣುತ್ತೇವೆ. ಇವುಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರದೆ, ಸಂಕುಚಿತವಾಗಿ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸಮರೂಪದ ಪ್ರಕಾಶವು ಕಾಣುತ್ತದೆ.

ಈ ದೃಶ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ಛಾಯೆಗೂ ಸಮರೂಪ ಪ್ರಕಾಶದ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಈ ನಮನ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಸ್ವರೂಪ, ಅಳತೆಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ತರಂಗವಾದದ ಪ್ರಕಾರ ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 5.8 ಅಲಗಿನ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ನಮನ



(d)

ಚಿತ್ರ 5.8 ಅಲಗಿನ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ನಮೂನ

ಚಿತ್ರ (5.8) ದಲ್ಲಿ (a) ನಲ್ಲಿ S ಎಂಬುದು ಮೂಲ ನಿಡುಗಂಡಿ. E ಎಂಬುದು ಅಲಗಿನ ಅಂಚು. ಇವುಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ಚಿತ್ರಕ್ಕೆ ಲಂಬತಲದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ತಿಳಿಯಬಹುದು. PQ ಎಂಬುದು ಇವುಗಳಿಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ವೀಕ್ಷಕ ಪರದೆ ಬೆಳಕು ನೇರ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ನಮಗೆ ಕಾಣಬೇಕಾಗಿರುವ ದೃಶ್ಯದಲ್ಲಿ OQ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಛಾಯೆಯಿದ್ದು, ಇದರ ಅಂಚು (ಜಾಮಿತೀಯ ಛಾಯೆಯ ಅಂಚು) (geometrical shadow) ಚೂಪಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಮೇಲೆ OP ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸಮರೂಪದ ಪ್ರಕಾಶವಿರಬೇಕಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ದೃಶ್ಯವೇನು?

O ಅಂಚು ಚೂಪಾಗಿರದೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಮಸುಕಾಗಿದ್ದು, OQ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದವರೆಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೆಳಕು ಸೋರಿರುವಂತೆ (leak) ಕಂಡು, Q ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಆಚೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಸಂಪೂರ್ಣ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶದ ಪ್ರದೇಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, O ಅಂಚಿನಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ $\overrightarrow{OP}$ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದವರೆವಿಗೆ ಪ್ರಕಾಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಂತೆ, P_1, P_2 ಪ್ರಕಾಶಪಟ್ಟಿಗಳೂ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶಗಳಿರುವ ಭಾಗಗಳೂ ಇವೆ. ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದ ನಂತರ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಪ್ರಕಾಶವಿರಬಹುದು.

ಈ ನಮೂನ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ.

$$OP_1 = x_1$$
$$OP_2 = x_2$$
$$OP_3 = x_3$$

ಆದರೆ, $OP_1 > P_1 P_2 > P_2 P_3$

ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 5.8 (b) ಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಚಿತ್ರ (c) ಯಲ್ಲಿ $P_1 P_2$..... ಪಟ್ಟಿಗಳ ಪ್ರಕಾಶಗಳೂ (I) ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ದೂರಗಳೂ, x_1, x_2 ...... ರೇಖಾಚಿತ್ರದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ, O ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರದೆ O A ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಛಾಯೆಯೊಳಗೆ, ಕ್ರಮವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ Q_1 ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, OQ_1 ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಸೋರಿ, ಛಾಯೆಯ ಅಂಚು ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿರುತ್ತದೆ. P_1, P_2 ...... ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವ ಪ್ರಮಾಣಗಳು (I) ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ($R_1 R_2$ . ...) ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿರುವುದು c ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ವ್ಯತಿಕರಣ ಪಟ್ಟಿಗಳಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ಪಟ್ಟಿಗಳಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಈ ನಮೂನೆ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶವು ಎಲ್ಲಿಯೂ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರದೆ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸಾಪೇಕ್ಷಕವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ, ಕಪ್ಪು ಅಂದರೆ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು – ಇದೊಂದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ.

ತಾತ್ವಿಕ ವಿವರಣೆ

ಚಿತ್ರ 5.8 (d) ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, S ನಿಡುಗಂಡಿಯಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು. ಈಗ ನಾವು ಗಮನಿಸಬೇಕಾದದು ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿ (cylyndrical) ಯ ಅಲೆಗಳು. ಈ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಯ ಮುಖದ ವಿವಿಧ ಪ್ರದೇಶಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿದರೆ ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. S ಎಂಬುದು ಮೂಲಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತು ನಿಡುಗಂಡಿ. ಇದು ಚಿತ್ರದ [5.3 (d)] ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು. W W ಎಂಬುದ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಯ ಮುಖದ ಒಂದು ಖಂಡ (Section) ವಾಗಿರಲಿ. ಇದು ನಮೂನ ಅಂಚ (E) ನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶಿಸುವಂತಿದೆ. ತೆರೆಯು XX^1 ಆಗಿದ್ದರೆ, SEO ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯಂತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಲೆಯ ಮುಖದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿವಿಧ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಅದರ ಮೊತ್ತವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

E ಮೂಲಕ SEO ಗೆ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ರೇಖೆಯು ಅಲೆಯ ಮುಖವನ್ನು ಎರಡು ಸಮಾನ ಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸುತ್ತದೆ. ಈಗ, O ಬಿಂದುವನ್ನು

ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು $\left(b+\frac{\lambda}{2}\right),\left(b+\frac{2\lambda}{2}\right)$ — ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವ ವೃತ್ತಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳು ಅಲೆಯ ಮುಖ (WW) ವನ್ನು A_1 A_2, B_1 B_2, ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಛೇದಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಬಿಂದುಗಳ (A_1, A_2) ಮೂಲಕ, ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವಂತೆ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆದರೆ, ಅಲೆಯ ಮುಖದ ಒಂದೊಂದು ಅರ್ಧ ಭಾಗವೂ ಹಲವಾರು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಪಟ್ಟಿ (Half-period strips) ಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಒಂದೊಂದು ಪಟ್ಟಿಯನ್ನೂ ಮತ್ತೆ ವಿಭಜಿಸಿ ಕೇಂದ್ರವನ್ನಾಗಿ ಹೊಂದಿ $\left(b+\frac{\lambda}{2}\right),\left(b+\frac{2\lambda}{2}\right)$ — ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಅಂಗಗಳು (Elements) ಬರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ಸರಾಸರಿ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು π ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಪಟ್ಟಿಯ ವಿವಿಧ ಅಂಗಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಮೊದಲನೆಯ ಅಂಗದ ಅರ್ಧದಷ್ಟು ಮೊತ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. $\left(S=\frac{s_1}{2}\right)$ ಇದನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ಸಮತಲದ ಅಲೆಯ ಮುಖದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದೆ – ಹೀಗೆ ಒಂದೊಂದು ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ π ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ನೋಡಿದರೆ, O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸೇರುವ ವಿವಿಧ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ಮೊತ್ತ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, WW ಅಲೆಯ ಮುಖದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಮನಿಸಿದರೆ ಸಾಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಬರುವ ಮೊತ್ತವು

$$S=s_1-s_2+s_3-s_4+\ -\ -$$

ಈಗ ಅಲೆಯ ಮುಖದ ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಸಮತಲದ ಅಲೆಯ ಮುಖದ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ

$S=\frac{s_1}{2}$ ಆಗಿ, ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿದರೆ

$S=s_1$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದು ಅಲೆಯ ಮುಖವನ್ನು ಬಿಡಿ ಬಿಡಿಯಾಗಿ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ ಫಲಿತಾಂಶವಾಯಿತು. ಇದನ್ನು POQ ತೆರೆಯಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ಪ್ರದೇಶಗಳ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣದ ಹಂಚಿಕೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

SE ರೇಖೆಯನ್ನು ವರ್ಧಿಸಿ, ಅದು ಪರದೆಯನ್ನು O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಿದರೆ, OX^1 ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಛಾಯೆಯು ಇದ್ದು, O ಅಪರ ಅಂಚಾಗಿರ

ಬೇಕು. ಇದರ ಹೊರಗಡೆ (OX ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ) P_1 ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ, SP_1 ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದು ಅದು (WW) ಅಲೆಯ ಮುಖವನ್ನು ಛೇದಿಸಿದರೆ, ಈ ರೇಖೆಯು ಅಲೆಯ ಮುಖವನ್ನು ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುತ್ತದೆ. P_1 ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಭಾವವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ SA_1P_1 ಮೇಲಿರುವ ಪೂರ್ತ ಅರ್ಧ ಭಾಗ ಮತ್ತು ಕೆಳಗಿನ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿ A_1E ಭಾಗ ಮಾತ್ರ. ಇದರ ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅಂಚಿನಿಂದ ತಡೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. $\underline{A_1E}$ ಭಾಗವು ಒಂದು ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಪಟ್ಟಿಯು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದರೆ, ಅದರಿಂದ S_1 ಮೇಲಿನ ಅರ್ಧ ಭಾಗದಲ್ಲಿ $\frac{s_1}{2}$ ಮಾತ್ರ.

ಒಟ್ಟು $(s_1 + \frac{s_1}{2}) = \frac{3s_1}{2}$. s_1 ಎಂಬುದು ಅರ್ಧ ಭಾಗ ಮಾತ್ರ ಆಗುವುದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ಅಲೆಯ ಮುಖವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಕಂಪಥ ವೈಶಾಲ್ಯವು $\frac{3s_1}{4}$ ಆಗಿ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು $\frac{9s_1^2}{16} = I_1$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿ (P_1) (5.28)

ಹೀಗೆಯೇ, P_2, P_3-- ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಗಳು R_1 R_2– ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಈ ಹಂಚಿಕೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ–5.8 (c) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಒಟ್ಟನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, P ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚೋ ಕಡಿಮೆಯೋ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, $\underline{SAP}$ ರೇಖೆಯಿಂದ ಅಲೆಯ ಮುಖವನ್ನು ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಆದಾದ ಮೇಲೆ $\underline{AE}$ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ, ಕೆಳಗಿನ ಅರ್ಧ ಅಲೆಯ ಮುಖದಲ್ಲಿ ತೆರೆದ ಭಾಗ) 1,3,5--- ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಪಟ್ಟಿಗಳಿದ್ದರೆ, ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಯೂ, $(P_1, P_2—)$ 2,4,6— ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಪಟ್ಟಿಗಳಿದ್ದರೆ, ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಗಳು R_1, R_2 ಇರುತ್ತವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಕೆಳಗಿನ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಮ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಪಟ್ಟಿಗಳಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ಮೊತ್ತವು ಶೂನ್ಯದಂತೆ ಆಗುವುದು.

ಈಗ, ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ (O) ಇರುವ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವೆಷ್ಟೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. SEO ರೇಖೆಯಿಂದ ವಿಭಾಗ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿನ ಅರ್ಧ ಭಾಗವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವು $S = \frac{s_1}{4}$ ಮಾತ್ರ ಆಗಿ $I_0 = \frac{s_1^2}{16}$ (5.29)

ಚಿತ್ರ (c) ದಲ್ಲಿ $OA = \frac{s_1^2}{16}$, ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿ P_1 ನಲ್ಲಿ ಅದು $OM_1 = \frac{9s_1}{16}$ O, P_1 ಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಚೂಪಾಗಿ ಏರುತ್ತವೆ. ನಂತರ ಕ್ರಮೇಣ ಆಂದೋಲನ ಮಾಡುತ್ತದೆ. P_1P_2— ಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶ R_1R_2— ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶ (maximum & minimum).

O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, O ನಿಂದ ಕೆಳಗೆ Q ಬಿಂದುವಿನವರೆಗೆ ಕ್ರಮೇಣ ಶೂನ್ಯಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ ಅಲ್ಲಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, Q ಎಂಬುದು ಇಂಥ ಒಂದು ಬಿಂದುವಾದರೆ, SEQ ರೇಖೆಯಿಂದ ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಾಗಿ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಅಲೆ ಮುಖದ ಕೆಳಭಾಗವೆಲ್ಲ ಮುಚ್ಚಿದ್ದು ಮೇಲೆ EB ಭಾಗದಲ್ಲಿಯು K ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಅಡಗಿದ್ದರೆ, ಒಟ್ಟು ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ $S = \frac{1}{2} S_{K+1}$ (ತೆರೆದ ಪಟ್ಟಿಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ) K ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, $S = O$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣದ ಹಂಚಿಕೆಯ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ತಿಳಿದಿದ್ದಾಯಿತು. ನಮುನ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ರೇಖಾತ್ಮಕ ಛಾಯೆಯೊಳಗೂ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರ ಸ್ವಲ್ಪ ಬೆಳಕು ಸೋರುವುದು ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಅಲೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಹಾಗಾಯಿತು.

ಈಗ, O ಅಂಚಿನಿಂದ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ನಾವು ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ನಮುನ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಕಂಡರೆ, $OP = x$ ಆಗಿರಲಿ.

SAP ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆಯಿರಿ. ಚಿತ್ರ (d) ದ ಪ್ರಕಾರ;

$SE = a \quad SA = a$

$EO = b \quad OP = x_n$

P ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಯ ಸಂಖ್ಯೆಯು n (1,2,3....) ಆಗಿದ್ದರೆ ಅಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಪ್ರಮಾಣವು ಅಧಿಕವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, AE ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ವಿಷಮವಾಗಿರಬೇಕು.

ಆದರೆ, $EP - AP = \frac{(2n-1)\lambda}{2}$ ಆಗಿರಬೇಕು. [$EP \sim AP = n\lambda$ (5-30)

ಆದರೆ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣ ಕನಿಷ್ಠವಾಗುತ್ತದೆ.].

ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ $n = 1$, $EP_1 \sim AP_1 = \frac{\lambda}{2}$

ಎರಡನೆಯ $n=2 \quad EP_2 \sim AP_2 = \frac{3\lambda}{2}$

$$EP \sim AP = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$EP^2 = (b^2 + x_n^2) = b^2 \left\{1 + \frac{x_n^2}{b^2}\right\}$$

$$EP = \sqrt{b^2 + x_n^2} = \left[b\left(1 + \frac{x_n^2}{b^2}\right)^{1/2}\right]$$

$$= b + \frac{x_n^2}{2b} \quad \text{(ಸುಮಾರು)}$$

$$SP = SA + AP = a + AP$$

$$SP^2 = (a+b)^2 + x_n^2$$

$$SP = \sqrt{(a+b)^2 + x_n^2} \; (= a+b) + \frac{x_n^2}{2(a+b)}$$

$$\because AP = SP - a = b + \frac{x_n^2}{2(a+b)}$$

$$EP \sim AP = \frac{x_n^2}{2}\left\{\frac{1}{b} - \frac{1}{a+b}\right\} = \frac{x_n^2 a}{2b(a+b)}$$

$$= (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\because \frac{x_n^2 a}{2b(a+b)} = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$x_n^2 = \frac{b(a+b)(2n-1)\lambda}{a}$$

$$x_n = \sqrt{\frac{b(a+b)\lambda}{a}}\sqrt{2n-1} = K\sqrt{2n-1}$$

$$K = \sqrt{\frac{b(a+b)\lambda}{a}} \quad (5.31)$$

[ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಗಳು R_1, R_2 ...... ಗಳು ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗಳ ನಡುವೆ ಇರುತ್ತವೆ. m ಸಂಖ್ಯೆಯ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ,

$$SP \sim AP = m\lambda$$

$$\text{ಅಂದರೆ } x_m = \sqrt{\frac{b(a+b)\lambda}{a}}\sqrt{2m}$$
$$= K\sqrt{m}\sqrt{2} \qquad (5.32)$$

ವಾಸ್ತವ್ಯವಾಗಿ $n = 1, 2, 3, 4$ ಗಳು ಮಾತ್ರ ಕಂಡು ನಂತರ ಸಮ ರೂಪದ ಪ್ರಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು

$\lambda = 6 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$a = 20$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$b = 80$ ಸೆಂ.ಮೀ.

P_1 ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಯ (ಮಧ್ಯ) ವಾದರೆ, $OP_1 = x_1$

$$x_1 = \sqrt{\frac{100 \times 80 \times 6 \times 10^{-5}}{20}} = 1.55 \times 10^{-1} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ.}$$
$$= K(\sqrt{1})$$
$$= 1.55 \text{ ಮಿ.ಮೀ.}$$

$x_2, x_3 \ldots\ldots$ ಗಳು, ಎರಡನೆಯ, ಮೂರನೆಯ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗಳ ದೂರ ಗಳಾದರೆ, $x_2 = K\sqrt{3}$

$$(x_2 - x_1) = K(\sqrt{3} - \sqrt{1}) = 0.732\ K$$
$$(x_3 - x_2) = K(\sqrt{5} - \sqrt{3}) = 0.51\ K \qquad (5.33)$$

ಈ ಪಟ್ಟಿಗಳ ನಡುವಣ ಅಂತರವು ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಮೊದಲನೆಯ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿ (ಮಧ್ಯ)ಯ ದೂರವು (O ಸಿಂದ) x_1' ಆದರೆ

$$x_1' = K\sqrt{2}$$
$$x_2' = K\sqrt{4} = 2K \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (5.34)$$

ಈ ಸೂತ್ರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಾವು ದೃಕ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಬೆಂಚನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಅವಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ. ಆ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೊನಚಾದ ಅಲಗಿನ ಏಣನ್ನು (blade) ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪವನ್ನು ಇಟ್ಟು ಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಗಲದ ನಿಡುಗಂಡಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಬಹುದು. ವ್ಯತಿಕರಣದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದಂತೆಯೇ ಕಣ್ಣು ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಅದರ ದೃಕ್ ಪಥದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶ ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಪಟ್ಟಿಗಳಿಗೆ

ಅನುಗುಣವಾದ ಆಳತೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳನ್ನು x_1, x_2 ...... ಗಳೆಂದು ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಿದರೆ,

n^{th} ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಯ ದೂರ x_{n1} ಮತ್ತು m^{th} ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಯ ದೂರ x_m (ರೇಖಾತ್ಮಕ ಛಾಯೆಯ ಅಂಚಿನಿಂದ) ಆದರೆ,

$$x_n^2 = \frac{b\,(a+b)\,\lambda}{a}\,(2n-1)$$

$$x_m^2 = \frac{b\,(a+b)\,\lambda}{a}\,(2m-1)$$

$$\lambda = \frac{a\,(x_n^2 - x_m^2)}{b\,(a+b)\,2\,(n-m)} \qquad (5.35)$$

ಮಿಕ್ಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಈ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತಿರುವುದರಿಂದ, ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಬೆಂಬಲವಾದಂತಾಯಿತು.

ವ್ಯತಿಕರಣದ ತಂಡಗಳಿಗೂ, ನಮುನದ ಪಟ್ಟಿಗಳಿಗೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸ

ವ್ಯತಿಕರಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಂಸಕ್ತ ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳ ಒಟ್ಟುಗೂಡುವಿಕೆಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿರೋಧದ ಗೆರೆಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ.

ಒಂದೇ ಅಲೆಯ ಮುಖದಿಂದ ಹೊರಡುವ ವಿವಿಧ ಪ್ರತಿರೋಧವಾಗುವುದರಿಂದ ಅಲೆಗಳು ಒಂದುಕಡೆ ಸೇರುವುದರಿಂದ, ನಮುನ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ.

(ii) ವ್ಯತಿಕರಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಗೆರೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವೂ, ಕಪ್ಪು ಗೆರೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಶೂನ್ಯವೂ ಇರುತ್ತದೆ.

ನಮುನ ಪಟ್ಟಿಗಳಲ್ಲಿಯಾದರೋ, ಯಾವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಕಾಶ ಶೂನ್ಯತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಏರಿಳಿತಗಳಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಮೆ ಪ್ರಕಾಶ ಗಳುವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತವೆ.

(iii) ವ್ಯತಿಕರಣದ ಗೆರೆಗಳ ನಡುವಣ ದೂರವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು ಅವುಗಳು ಸಮಾನ ಅಂತರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

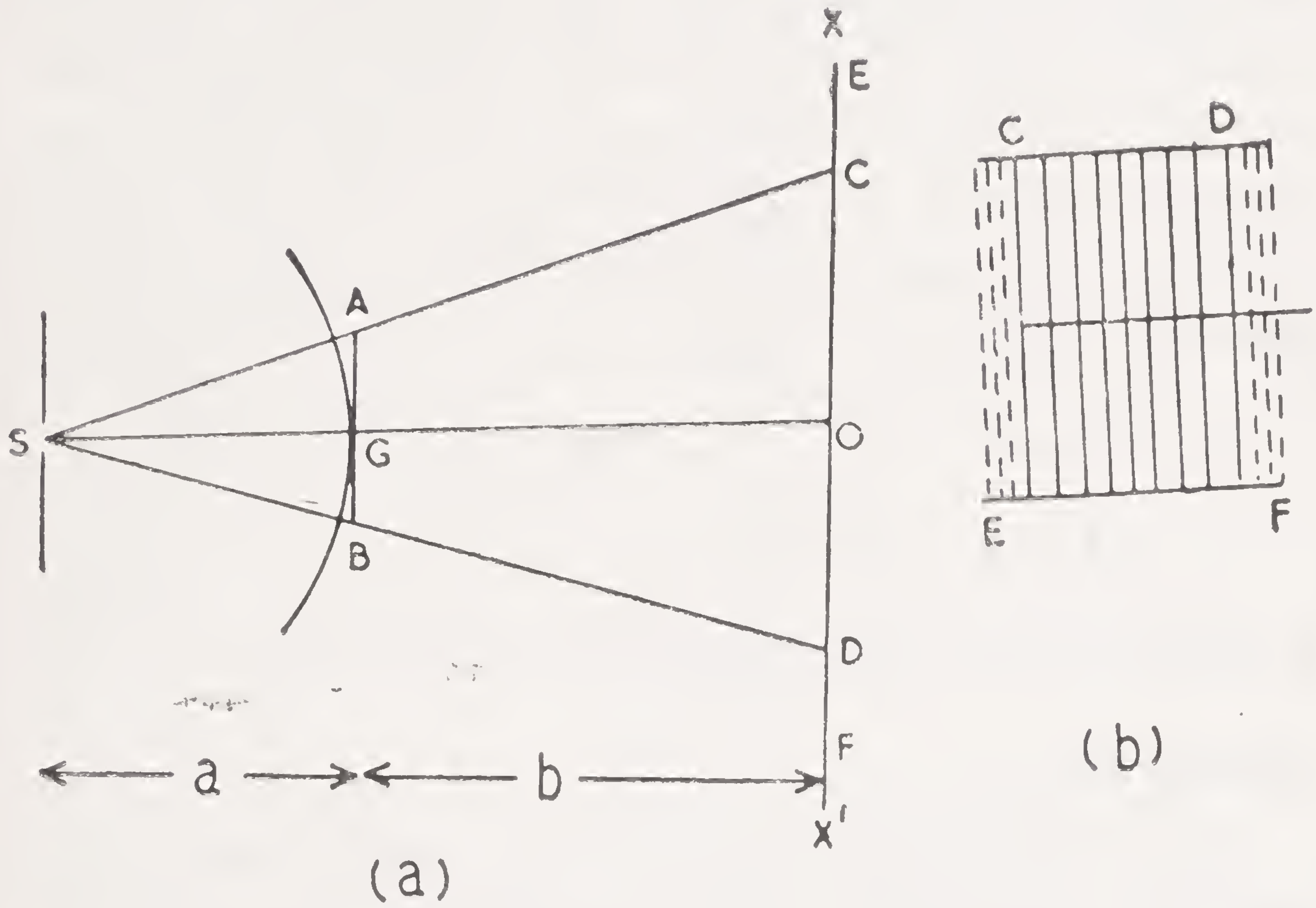
ನಮುನ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಅಂತರಗಳು ಅಸಮವಾಗಿದ್ದು, ಕ್ರಮೇಣ ಸಂಕುಚಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ.

5–7. ತೆಳುವಾದ ತಂತಿಯಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ನಮುನ

(Diffration at a fine wire)

ಫ್ರನಲ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ರಚಿಸಿದ ಅರ್ಧ ಆವರ್ತ ಮುಂಡಲಗಳ ವಿಧಾನ

ವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಸಣ್ಣ ಸಂಧ್ರ, ತೆಳುವಾದ ತಂತಿ ಮುಂತಾದ ಹಲವು ಮಾದರಿಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವ ನಮೂನ ಆಕೃತಿಗಳ ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ವಿವರಿಸಿ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಮೊದಲು, ತೆಳುವಾದ ತಂತಿಯಲ್ಲಿನ ಮನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ



ಚಿತ್ರ 5.9

S–λ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಪ್ರಕಾಶಿತವಾದ ನಿಡುಗಂಡಿ (ಚಿತ್ರದ ತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ)

AB–ತೆಳುವಾದ ತಂತಿ (ಅಗಲ = d ಸೆಂ. ಮೀ). ಇದು ನಿಡುಗಂಡಿ (S) ಗೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಸಮಾನಂತರವಾಗಿರಬೇಕು.

XX^1 ವೀಕ್ಷಕ ಪರದೆ (ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಣ್ಣು ಮಸೂರದ ದೃಕ್ಪಥದಲ್ಲಿ)

ನಮೂನ ಚಿತ್ರದ ವಿವರಣೆ

CD ಭಾಗವು ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಛಾಯೆ.

[ಚಿತ್ರ 5.9 (a), (b)]

ಇದರ ಮೇಲ್ಭಾಗ CE ಮತ್ತು ಕೆಳಭಾಗ DF ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ C ಮತ್ತು D ಅಂಚುಗಳಿಂದ ಆಚೆಗೆ ಅಸಮದೂರದ ನಮೂನ ಪಟ್ಟಿಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು. ಹೆಚ್ಚು ಮತ್ತು ಕಡಮೆ ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ, ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು

(B) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು B ಗಳನ್ನು ಎರಡು ಅಲಗು ಅಂಚುಗಳನ್ನಾಗಿ ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಹಿಂದಿನ (5-6) ವಿವರಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ ನಮನ ಪಟ್ಟಿಗಳು.

ಮಧ್ಯಭಾಗವಾದ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಛಾಯೆಯ ಪ್ರದೇಶ (CD)ದಲ್ಲಿ ಸಮಾಂತರವಾದ, ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಅತಿ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶದ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಗೆರೆಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, WW ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಯ ಮುಖದ AW ಮತ್ತು BW[1] ಭಾಗಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳು ಒಂದೇ ಮೂಲಸ್ಥಾನ (s) ದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಸಂಸಕ್ತ ಕೇಂದ್ರಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ನಾಲ್ಕನೆಯ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ವಿವರಿಸಿರುವ ವ್ಯತಿಕರಣದ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತವೆ. W ಎಂಬುದು ಇವುಗಳ ಅಂತರವಾಗಿ, d = ತಂತಿಯ ವ್ಯಾಸವಾಗಿಯೂ, ತಂತಿಗೂ ವೀಕ್ಷಕ ಪರದೆಗೂ ದೂರ (GO) ವು D ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

$$w = \frac{\lambda \cdot D}{d} \quad \text{(ಸೂತ್ರ. 4.7)}$$

$$\therefore \; d = \frac{\lambda \cdot D}{w} \qquad (5.36)$$

λ ಗೊತ್ತಿದ್ದರೆ, ತಂತಿಯ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಉದಾಹರಣೆ :

ಒಂದು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಸಿಡುಗಂಡಿಯನ್ನು 5893 A° ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಉಜ್ವಲಿಸಲಾಗಿದೆ. 1 ಮಿ. ಮೀ. ದಪ್ಪದ ತಂತಿಯನ್ನು ಸಿಡುಗಂಡಿಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಅದರಿಂದ 25 ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿದೆ. ತಂತಿಯಿಂದ 100 ಸೆಂ. ಮೀ. ದೂರದಲ್ಲಿ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಛಾಯೆಯು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದೆ. ಈ ಛಾಯೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ವ್ಯತಿಕರಣದ ಗೆರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೆಷ್ಟು?

ಚಿತ್ರ 5.9 (a) ದ ಪ್ರಕಾರ

Sb = a = 25 ಸೆಂ. ಮೀ. GO = 100 ಸೆಂ. ಮೀ. = D

$\lambda = 5.893 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ. ಮೀ.

a = ತಂತಿಯ ದಪ್ಪ = 1 ಮಿ.ಮೀ. = 0.1 ಸೆಂ.ಮೀ.

ವ್ಯತಿಕರಣದ ಗೆರೆಗಳ ಅಂತರ $w = \frac{\lambda \cdot D}{a} = \frac{5.893 \times 10^{-5} \times 100}{0.1}$

= 0.0589 ಸೆಂ.ಮೀ.

(C D) = ಛಾಯೆಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿ $= \frac{0.1 \times (D + a)}{a}$

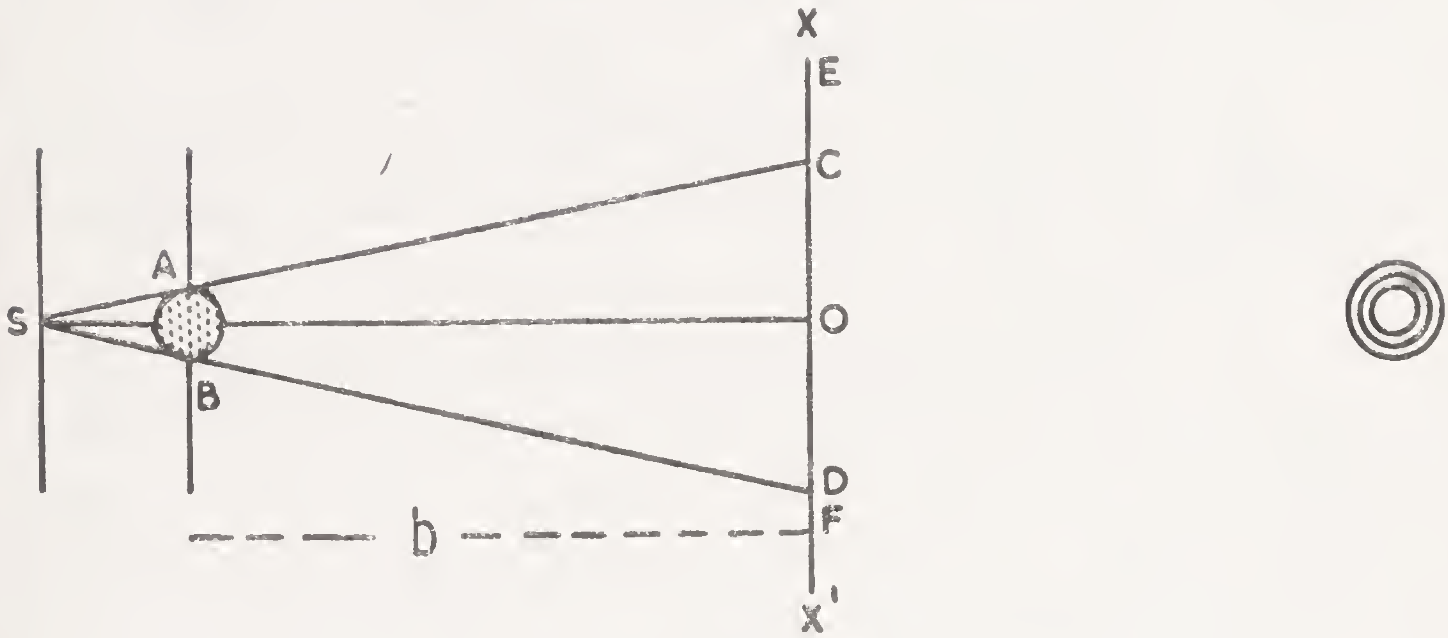
$$= \frac{0.1 \times 125}{25} = \underline{0.5} \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.}$$

∴ ಛಾಯೆಯೊಳಗೆ ಕಾಣಬಹುದಾದ ವ್ಯತಿಕರಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

$$= \frac{0.5}{0.589} = 8$$

5.8 ವರ್ತುಲ ಪ್ರತಿಬಂಧಕ (ಅಪಾರದರ್ಶಕ) ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ನಮನ

ಇಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಬಂಧಕ ವಸ್ತುವು ವರ್ತುಲಾಕೃತಿಯಾಗಿದ್ದರೆ, (AB) ಇದರ



ಚಿತ್ರ 5.10

ಛಾಯೆಯು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ XX^1 ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ <u>CD</u> ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದರ ಕೇಂದ್ರವು <u>O</u> ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿಬಂಧಕ ವಸ್ತುವಿಗೂ ಪರದೆಗೂ ನಡುವಣ ದೂರ (b) ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, ಆ ವಸ್ತುವಿನ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, ನಮಗೆ ಕಾಣಬರುವ ದೃಶ್ಯದಲ್ಲಿ ರೇಖಾತ್ಮಕ ಛಾಯೆಯ ಕೇಂದ್ರವಾದ <u>O</u> ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಚುಕ್ಕೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಕಾರಣವನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ, ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ವರ್ತುಲ ಪಟ್ಟೆಗಳಿರುತ್ತದೆ–ಛಾಯೆಯ ಹೊರಗಡೆ ಅಂದರೆ CD ಯ ಆಚೆ, ವರ್ತುಲಾಕಾರದ, ಅಸಮದೂರಗಳಿರುವ ನಮನ ಪಟ್ಟೆಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಅಲಗಿನ ಅಂಚಿನಿಂದ ನಮನವಾಗುವ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವಕತೆಯೇ ಈ ವೃತ್ತಗಳಿರುತ್ತವೆ.

5.9 ಫ್ರನ್ ಹಾಫರ್ ಮಾದರಿಯ ನಮನ: ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ನಿಡುಗಂಡಿ
(Single slit)

ಇದುವರೆವಿಗೂ ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ ನಮನವು ಫ್ರನಲ್ ಮಾದರಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ (i) ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೂ ನಮನ ಮಾಡುವ ವಸ್ತು (ಅಲಗು ಅಂಚು, ತಂತಿ–ಇತ್ಯಾದಿ) ವಿಗೂ ನಡುವೆ ಒಂದು ನಿರ್ಧರಿತ ದೂರವಿರುತ್ತದೆ. (ii)

ನಮುನ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ನಾವು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ಪರದೆ (ಅಥವಾ, ಕಣ್ಣು ಮಸೂರದ ದೃತ್ಪತ) ಗೂ ಖಚಿತವಾದ ದೂರವಿರುತ್ತದೆ. (iii) ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಅಥವಾ ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರತಿಬಂಧಕ ವಸ್ತುಗಳ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ನಮುನಾಗುವುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ್ದೇವೆ.

ಈಗ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾದರಿಯ ನಮುನದ ವಿಶೇಷ ಲಕ್ಷಣಗಳೇನೆಂದರೆ

i) ನಮುನ ಮಾಡುವ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಮೂಲ ಪ್ರಕಾಶ ಕೇಂದ್ರಕ್ಕೂ ಮತ್ತು ವೀಕ್ಷಕ ಪರದೆಗೂ ಇರುವ ದೂರಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು' ಅವುಗಳನ್ನು ಅನಂತ (Infinite) ವೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ii) ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ನಮುನವಾಗುವ ರಂಧ್ರದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಅಲೆಮುಖವು ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿದ್ದು, ಸಮತಲ ಅಲೆಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ (Plane Waves).

iii) ನಮುನ ಮಾಡುವ ರಂಧ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಒಂದು ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ನಮುನವಾದ ಅಲೆಯು ಸಮತಲ ಅಲೆಯಂತೆಯೇ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ನಮುನವಾದ ಅಲೆಮುಖದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈ ಮಾದರಿಯ ನಮುನಕ್ಕೆ ಫ್ರುನ್‌ಹಾಫರ್ ಮಾದರಿಯೆಂದು ಹೆಸರು

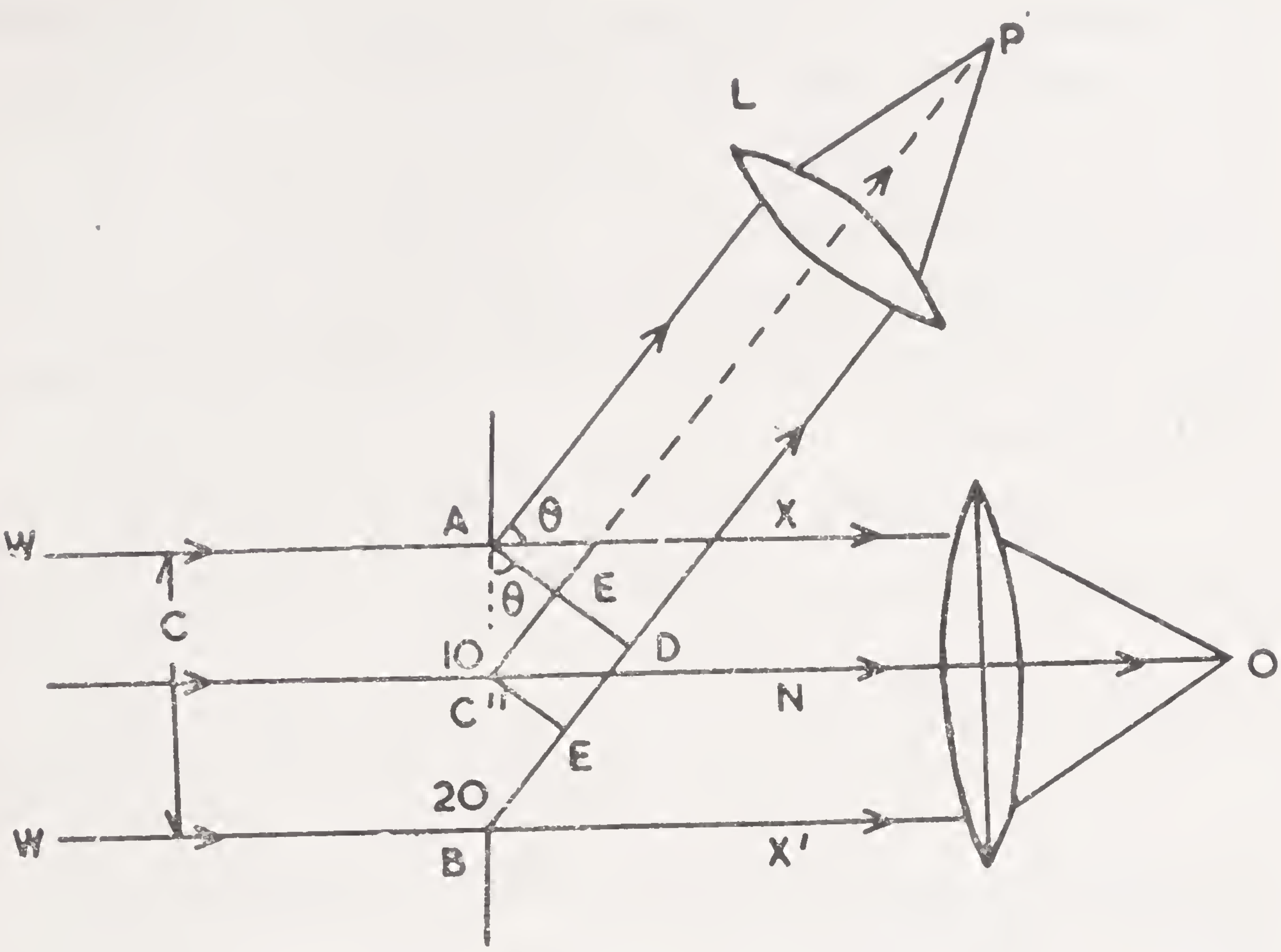
ಸೂಕ್ಷ್ಮ ನಿಡುಗಂಡಿಯ ನಮುನ (ಫ್ರುನ್ ಹಾಗರ್ ಮಾದರಿ)

AB ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಿಡುಗಂಡಿ – ಇದರ ಅಗಲವು 'c' ಆಗಿರಲಿ.

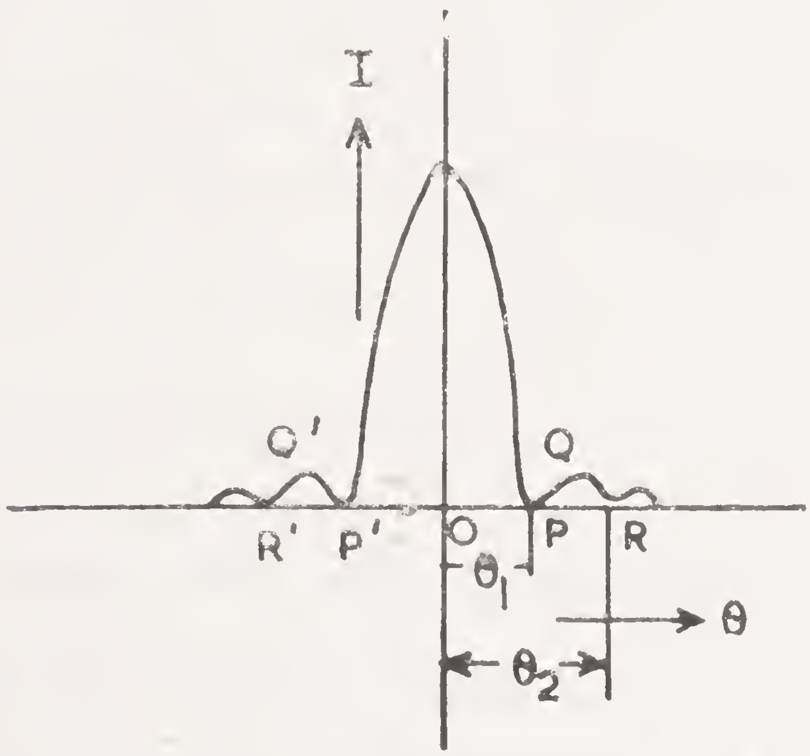
WW λ ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಗಿನ ಅಲೆಗಳ (ಸಮತಲ) ಮುಖ. ಇದು ನಿಡುಗಂಡಿಗೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ.

AB ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ವಿವಿಧ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಅಂದರೆ, AX, BX^1 ಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳು ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇವುಗಳ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ L ಎಂಬ ಪೀನ ಮಸೂರವನ್ನಿಟ್ಟರೆ, ಅವುಗಳೆಲ್ಲವೂ O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗಮವಾಗುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಎಲ್ಲ ಅಲೆಗಳೂ ಕೂಡುವುದರಿಂದ ಅಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶವು ಅತ್ಯಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೇಂದ್ರ ಉಚ್ಚ ಪ್ರಕಾಶಸ್ಥಾನ (Central maximum) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

A,B ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ವಿವಿಧ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದರಿಂದ, ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿಗೆ θ ಕೋನ



(a)



(b)

ಚಿತ್ರ 5.11

ಪ್ರಮಾಣದ ಓರಣದಲ್ಲಿರುವ AM, BN ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. AD ರೇಖೆಯು BN ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರಲಿ. ಅಂದರೆ, ಸಮನ ವಾಗುವ ಅಲೆಯ ಅಲೆ ಮುಖವು AD ಆಗಿದ್ದು, A, D ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ

ಅಲೆಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ನೆಲೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹಾಗೆಯೇ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ L ಎಂಬ ಪೀನ ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಅವರ ಸಂಗಮ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ (P) ಒಟ್ಟುಗೂಡುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ, AD ನೇರ ದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳ ನೆಲೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 5.11 (a) ದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತೆ, $AB=c.$ $XAM=BAD=\theta.$ ABD ತ್ರಿಕೋನದಲ್ಲಿ

$$BD=AD. \ \sin\theta= c\sin\theta.$$

ಉದಾಹರಣೆಗೆ $BD=\lambda$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$C\sin\theta=\lambda$$

$$\sin\theta=\frac{\lambda}{c} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.} \qquad (5.37)$$

AB ಯ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದುವು C ಆಗಿರಲಿ. $CE \perp^{r}$ to AD ಆಗಿರಲಿ
$CE=\frac{1}{2}\ BD=\lambda/_2$

AC ಮತ್ತು CB ಭಾಗಗಳನ್ನು ಸಮಾಂತರವಾಗಿ 20 ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಛೇದಿಸಿದರೆ ಇವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು A ಯಿಂದ B ವರೆವಿಗೆ 1......20 ವರೆಗೆ ಇದ್ದು A, C, B ಗಳು, 0, 10, 20 ಸಂಖ್ಯಾ ಬಿಂದುಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ಈಗ, A, C ಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ನಡುವೆ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸ $=\lambda/2$

C, B .... $=\lambda/2$

ಹಾಗೆಯೇ, 1, 11 .... $=\lambda/2$

2, 12,: 3, 13 .... ಗಳ ನಡುವಣ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ $\lambda/2$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಎರಡು ಸಮಭಾಗಗಳು (AC, CB) ದ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ 2 ಗುಂಪುಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದು. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಸರಾಸರಿ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸ $=\frac{\lambda}{2}$ ಆಗುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಮೊತ್ತವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ ಆದುದರಿಂದ, AD ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳೆಲ್ಲವೂ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವಾಗ, ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶ (minimum) ವಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನು ಎರಡನೆಯ 5.11 (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

O ಎಂದರೆ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶ. ಅದರಿಂದ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ

θ ಪ್ರಮಾಣದ ಕೋನದಲ್ಲಿ P_1P^1 ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{c}$$

θ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ, $c \sin \theta' = 2\lambda$ ಆದರೆ, ಅಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಕಾಶವು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರಬೇಕು.

ಅಂದರೆ $\sin \theta' = \frac{2\lambda}{c}$

ಸಾಮಾನ್ಯ ಸೂತ್ರವನ್ನಾಗಿ

$$c \sin \theta_n = n \lambda \qquad (5.38)$$

ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು $n = 1, 2, \ldots$ ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಬರುವ θ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿರಬೇಕು.

ಒಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೂ ಮತ್ತೊಂದು ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಕಾಶದ ಸ್ಥಾನವಿರುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ

$$c \sin \theta_1 = \lambda$$

$$c \sin \theta_2 = 2\lambda$$

ಗಳ ನಡುವೆ $c \sin \theta_3 = \frac{3\lambda}{2}$ ಆದರೆ, ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ $AD = c$ ಯನ್ನು ಮೂರು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ವಿಭಾಗದ ಅಗಲವೂ $\frac{c}{3}$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆಗ, $BD = \frac{3\lambda}{2}$ ಆದರೆ,

ಮೂರು ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ [ಅಂದರೆ $\left(\frac{2c}{3}\right.$ ಅಗಲದಲ್ಲಿ] ಇರುವ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಎರಡು ಸಮಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಸರಾಸರಿಯು $\frac{1}{2}\lambda$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ $\frac{1}{3}c$ ಭಾಗದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ವ್ಯತಿಕರಣವಾಗಿ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಇದೆ ಚಿತ್ರ (b) (5.11) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ Q ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳಬಹುದಾದರೆ,

$c \sin \theta_1 = \lambda$ (1ನೇ ಶೂನ್ಯ ಸ್ಥಾನ) .... p

$$c \sin \theta_3 = \frac{3\lambda}{2} \text{ (1ನೇ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಕಾಶಸ್ಥಾನ)} \quad \cdots \quad Q$$

$$c \sin \theta_2 = 2\lambda \text{ (2ನೇ ಶೂನ್ಯಸ್ಥಾನ)} \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad R$$

ಇದನ್ನೇ ಚಿತ್ರ (b) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

c ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಿಮೆಯಾದಷ್ಟು θ_1 ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಮಧ್ಯ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಪ್ರಕಾಶ ಬಿಂದುವಿನ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಗಳ ನಡುವೆ (PP^1) ಬೆಳಕು ಹರಡುವ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.

$c = 0.0001$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$\lambda = 5000\ A^\circ$ ಆದರೆ,

$$\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{c} = \frac{5 \times 10^{-5}}{0001} = 0.5$$

$$\underline{\theta_1 = 30^\circ}$$

ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, 30° ಪ್ರಮಾಣ ಹರಡಿದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಕಾಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ರೋಹಿತಮಾಪಕ (Spectrometer) ದಲ್ಲಿ ನಿದರ್ಶನ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಕಾಲಿಮೇಟರ್ (Collimator) ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ನಿಡುಗಂಡಿಯ ಮೇಲೆ ಸೋಡಿಯಂ ಬೆಳಕು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅದು ಆ ಮಸೂರದ ಸಂಗಮ ದೂರದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ಹೊರ ಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳು ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣ ಸಮೂಹವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣದ ನಿಡುಗಂಡಿಯನ್ನು ಲಂಬವಾಗಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ, ಅದು ಕಿರಣ ಸಮೂಹಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ನಮನವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣ ಸಮೂಹವನ್ನು ದೂರದರ್ಶಕದ ಭಾಗದ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಈ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಮೊದಲೇ ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಸಂಗಮ ಮಾಡಿಸುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಅಕ್ಷವೂ ಕಾಲಿಮೇಟರ್ ಅಕ್ಷವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವಾಗ, ದೃಕ್‌ಪಥದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ನಂತರ ದೂರದರ್ಶಕ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಒಂದು ಕಡೆಗೆ ಮೆಲ್ಲನೆ ತಿರುಗಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಪ್ರಕಾಶವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ ಕೊನೆಗೆ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅದೃಶ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಅಲ್ಪ ಪ್ರಕಾಶದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸಮರ್ಥನೆ ಮಾಡಬಹುದು.

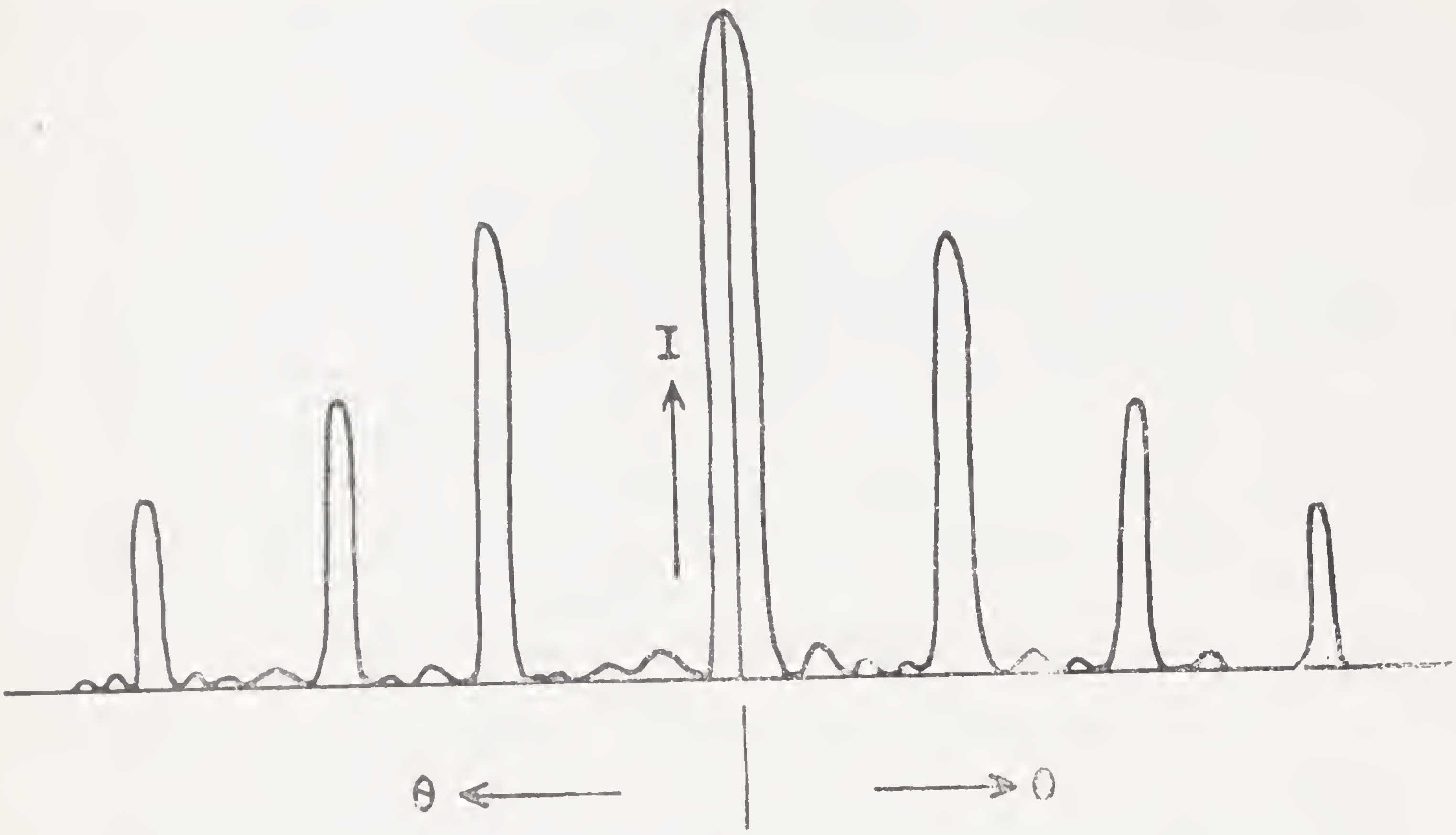
5·10 ಸಮತಲ ನಮುನ ಜಾಲರಿ (ವಕ್ರವಿಯೋಗ ರೇಖಾಫಲಕ) ('Plane Diffraction Grating')

ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ರೇಖಾಲೇಖಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮಯಂತ್ರ (Ruling-machine) ದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಸಾವಿರಾರು ಸಮಾನಾಂತರ ಮತ್ತು ಸಮಾಂತರ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗೆರೆಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಜ್ರದ ತುದಿಯಿಂದ ಕೆತ್ತಲಾಗಿದೆ. ಫಲಕದ ಅಗಲವು 1″–5″ ವರೆಗೂ ಇರಬಹುದು. ಫಲಕವು ಚಚ್ಚೌಕ ಆಕೃತಿಯಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈಯಲ್ಲಿ ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಒಂದು ಅಂಗುಲದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 15,000 20,000 ಕೆತ್ತನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕೆತ್ತನೆಗಳು ಅಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಪ್ರದೇಶಗಳು ಪಾರದರ್ಶಕ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಿಡುಗಂಡಿಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಫಲಕಕ್ಕೆ ಸಮತಲ ನಮುನ ಫಲಕ ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು.

ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕಿನ ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ರಚಿಸಿದ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಆ ಫಲಕದಲ್ಲಿರುವ ಸಹಸ್ರಾರು ಸಿಡುಗಂಡಿಗಳ ಮೂಲಕ ನಮುನವಾದ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ಉಚ್ಚಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಅಲೆಗಳು ಸಂಗಮವಾಗುವ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶದ ಕೇಂದ್ರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, θ_1, θ_2 .... ಕೋನಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ರೇಖೆಗಳು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ರೇಖಾಫಲಕವು ಮೂಲಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಧಾನ ಅತ್ಯುಚ್ಛ ಪ್ರಕಾಶಬಿಂಬ ಹಲವಾರು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳೂ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶಸ್ಥಾನಗಳೂ ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗದಲ್ಲಿರುವ ರೇಖಾಫಲಕಗಳನ್ನು ಒಂದು ಮೂಲ ಗಾಜಿನ ಫಲಕದಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ತಯಾರು ಮಾಡಿದ ನಕಲು ಪ್ರತಿ (Replicas) ಗಳಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳ ಮೇಲೆ ಮುದ್ರಿತವಾಗಿರುವ ತೆಳುವಾದ ಪರೆಯೇ ಮೂಲ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಫಲಕವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುವ (ಸಾವಿರಾರು) ಸಮಾನಾಂತರ ಸಿಡುಗಂಡಿಗಳ ಸಮೂಹದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ N′ ಸಿಡುಗಂಡಿಗಳಿದ್ದರೆ, ನಮಗೆ ಕಾಣಬಹುದಾದ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಪ್ರಧಾನ ಉಚ್ಚಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನಗಳೂ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನಗಳೂ, ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶಸ್ಥಾನಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಅವುಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸ್ಥಾನಗಳೂ ಚಿತ್ರ (5.12) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 5.12

P_1 P .... ಗಳು ಪ್ರಧಾನ ಉಚ್ಚಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನಗಳೂ

Q_1, $_1q$ .... ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನಗಳೂ ಆಗಿದ್ದರೆ

ಎರಡು ಪ್ರಧಾನ ಸ್ಥಾನ (P P) ಗಳ ನಡುವೆ $(N'-2)$ ದ್ವಿತೀಯ ಉಚ್ಚ ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನಗಳೂ (p), $(N'-1)$ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶದ ಸ್ಥಾನಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ N'= ಫಲಕದದಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ನಿಡುಗಂಡಿಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

i) **ಸರಳ ತಾತ್ತ್ವಿಕ ವಿವರಣೆ** (Simple Theory of the grating)

ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ನಮನವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮುಖ್ಯ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಈಗ ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು.

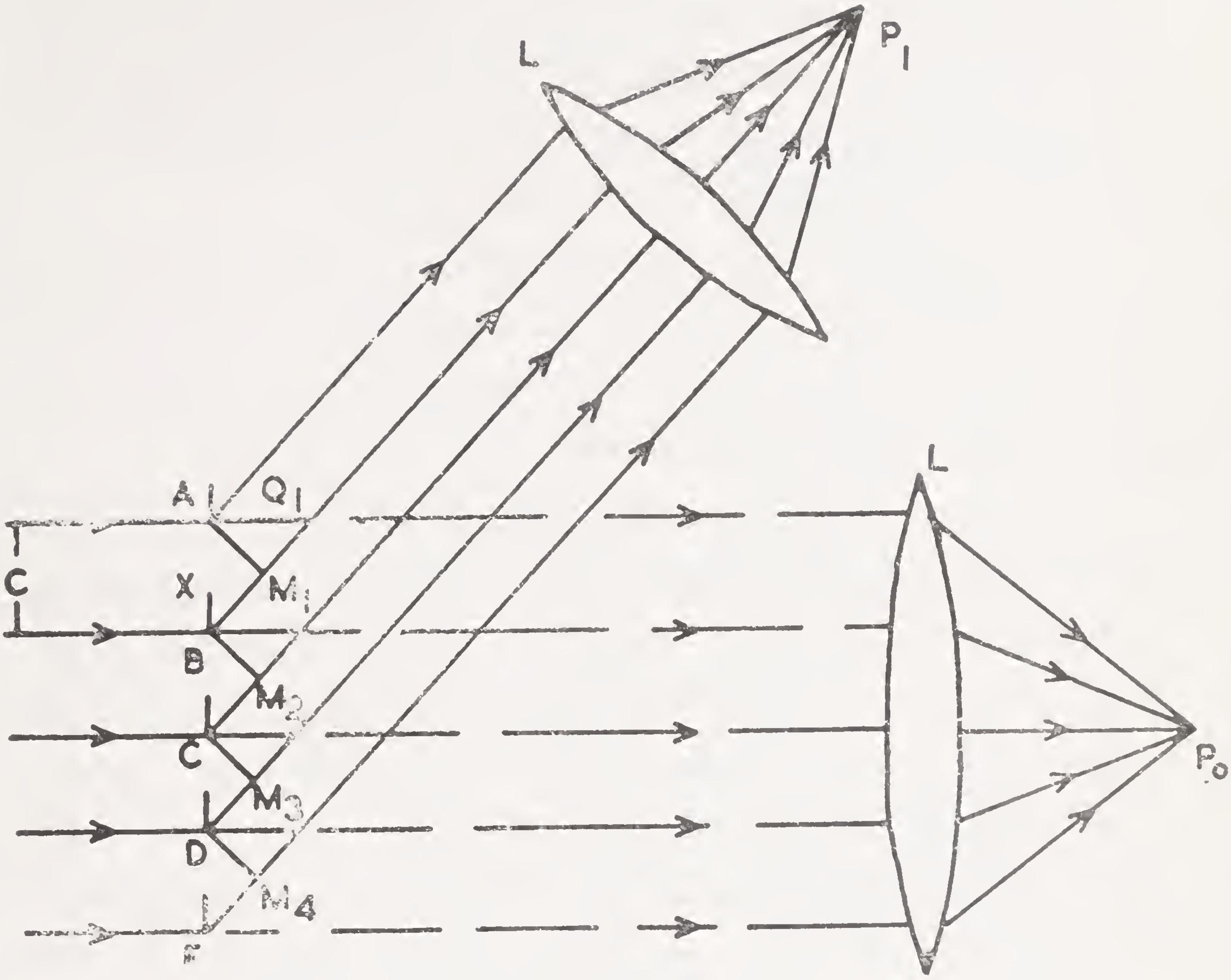
(a) **ಲಂಬ ಆಪಾತ** (Normal Incidence)

λ ತರಂಗಾಂತರದ ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳು ಜಾಲರಿಯ ಮೇಲೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಆಪಾತವಾಗಿರಲಿ. A B C D E ಎಂಬುದು ಚಿತ್ರ 5.13 ಫಲಕದ ಸಮತಲದ ಅಡ್ಡ ರೇಖಾಕೃತಿ (Horizontal Cross-Section) ಯಾಗಿರಲಿ. A B, B C, C D. ಗಳು ಅದರ ಅಂಗಗಳು. ಇವುಗಳ ಅಂತರವು c – ಒಂದೊಂದು ಅಂಗದಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಪಾರದರ್ಶಕ ಭಾಗ (ಗಾಜು) ಮತ್ತೊಂದು ಅಪಾರದರ್ಶಕ ಭಾಗ (ರೇಖೆ).

$AX = a =$ ಪಾರದರ್ಶಕ ಭಾಗ

$XB = b =$ ಅಪಾರದರ್ಶಕ ಭಾಗ

$AB = (a+b) = c =$ ಫಲಕದ ಅಂಗ (grating element)



ಚಿತ್ರ 5.13 ವಕ್ರವಿಯೋಗ ರೇಖಾಫಲಕ

ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಇಂಥ N ಅಂಗಗಳಿದ್ದರೆ,

$$N c = 1$$

$N = 6000$ ಆದರೆ, $= c \frac{1}{6000}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

ಅಂದರೆ, 1 ಸೆಂ. ಮೀ. ಉದ್ದದಲ್ಲಿ ಇಂಥ 6000 ಸಮಾನಾಂತರ ಅಂಗ ಗಳಿದ್ದಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದೊಂದು ಅಂಗದಲ್ಲಿಯೂ ನಾವು A, B, C .... ಗಳಂತೆ ಇರುವ ಅನು ರೂಪ (Corresponding) ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, A B = B C = ... c ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳು ಲಂಬವಾಗಿ ಈ ಸಿಡು ಗಂಡಿಗಳ ಸಮೂಹದ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾದರೆ, ಪಾರದರ್ಶಕ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿರುವ ಒಂದೊಂದು ಬಿಂದುವೂ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಹೊರಡಿಸುವ ಕೇಂದ್ರದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಅದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, ಲಂಬನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳೆಲ್ಲವೂ

ಸಮನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ಇದೊಂದು ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳ ಸಮೂಹದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು L ಎಂಬ ಪೀನಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಅದರ ಸಂಗಮ ಬಿಂದುವಾದ P_0 ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಕೇಂದ್ರ ಪರಮಾವಧಿ ಪ್ರಕಾಶ ರೇಖೆಯಾಗಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ (Central Maximum)

AB_1 BC .... ಗಳ ನಡುವಣ ಪಾರದರ್ಶಕ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿರುವ ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಎಲ್ಲ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪ್ರಸಾರವಾಗಬಹುದಾದುದರಿಂದ ಲಂಬ ನೇರಕ್ಕೆ θ_1 ಕೋನದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹದ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ನೋಡೋಣ.

A ನಿಂದಲೂ, B ನಿಂದಲೂ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳು AR_1, BR_2– ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಬಿದ್ದು BR_2 ರೇಖೆಗೆ AM_1 ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, AR_1, MR_2 ಸಮನವಾದ ಅಲೆ ಮುಖವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. M_1 ಬಿಂದುವಿನಿಂದಾಚೆಗೆ, AM_1 ಅಲೆಮುಖದಲ್ಲಿರುವ ಅಲೆಗಳ ನಡುವೆ ಯಾವ ಯಾವ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿರುತ್ತವೆಯೋ, ಅವುಗಳೇ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗದೆ ಮುಂದುವರಿಯುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, L ಎಂಬ ಮಸೂರದಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು P_1 ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗಮ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಅಲ್ಲಿಯ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು AM_1 ಅಲೆಮುಖದಲ್ಲಿರುವ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. A, B ಗಳು ಅನುರೂಪ ಬಿಂದುಗಳಾದರೆ, ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು BM_1 ಆಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ, AX, BY ಗಳಲ್ಲಿರುವ ಪರಸ್ಪರ ಅನುರೂಪ ಬಿಂದುಗಳ ನಡುವೆಯೂ ಇದೇ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ.

$$BM_1 = AB \sin BAM_1$$
$$= c \sin \theta_1$$

$BM_1 = \lambda$ ಆದರೆ, $CM_2 = \lambda$, $DM_3 = \lambda$ .... ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, θ_1 ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಅಲೆಗಳ ನಡುವಣ ಪರಸ್ಪರ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳೂ λ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿರುವ P_1 ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶವು ಅಧಿಕತಮವಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು. ಇದನ್ನು 1 ನೇ ವರ್ಗದ ಅಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶಸ್ಥಾನ (Maximum of Ist order) ಹೀಗೆಯೇ θ_1 ಬದಲಾಗಿ, θ_2 ಎಂಬ ಕೋನದಲ್ಲಿ

$c \sin \theta_2 = 2\lambda$ ಆದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಧಾನ ಅಧಿಕತಮ ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನವಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಹಲವು ಇಂಥ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನಗಳು $\theta = 0$, ನಿಂದ

$\theta = 90°$ ವರೆವಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇದೊಂದು ವರ್ಣ ರೋಹಿತದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ನಮನರೋಹಿತವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

$c \sin \theta_1 = \lambda$ (1ನೇ ವರ್ಗದ ಅಧಿಕತಮ ಪ್ರಕಾಶಸ್ಥಾನ)

$c \sin \theta_2 = 2\lambda$ (2ನೇ " " ")

.

.

$C \sin \theta_n = n\lambda$ (n^{th} " " ") (5.39)

$\theta_n \not> 90°$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, $\sin \theta_n \not> 1$

c, λ ಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ, ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗಬಹುದಾದ ವರ್ಗಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಒಂದು ಮಿತಿ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನು ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ನಮನ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಂಗುಲಕ್ಕೆ 15,000 ರೇಖೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. 6000 A° ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಕು ಲಂಬ ಆಪಾತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಮೊದಲನೆಯ ವರ್ಗದ ಕೋನಪ್ರಮಾಣವೇನು ? ಹಾಗು ವರ್ಗಗಳ ಪರಮಾವಧಿ ಸಂಖ್ಯೆಯೇನು ?

$c \sin \theta_1 = \lambda$ (1ನೇ ವರ್ಗ)

$$\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{c} = \frac{6000 \times 10^{-8} \times 15{,}000}{2.54}$$

$$\left[c = \frac{2.54}{15{,}000} = \text{ಸೆಂ.ಮೀ.} \right]$$

$$= 0.354$$

$$\theta_1 = 20°45'$$

n ಎಂಬುದು ಪರಮಾವಧಿ ಸಂಖ್ಯೆಯಾದರೆ,

$$n < \frac{c}{\lambda}$$

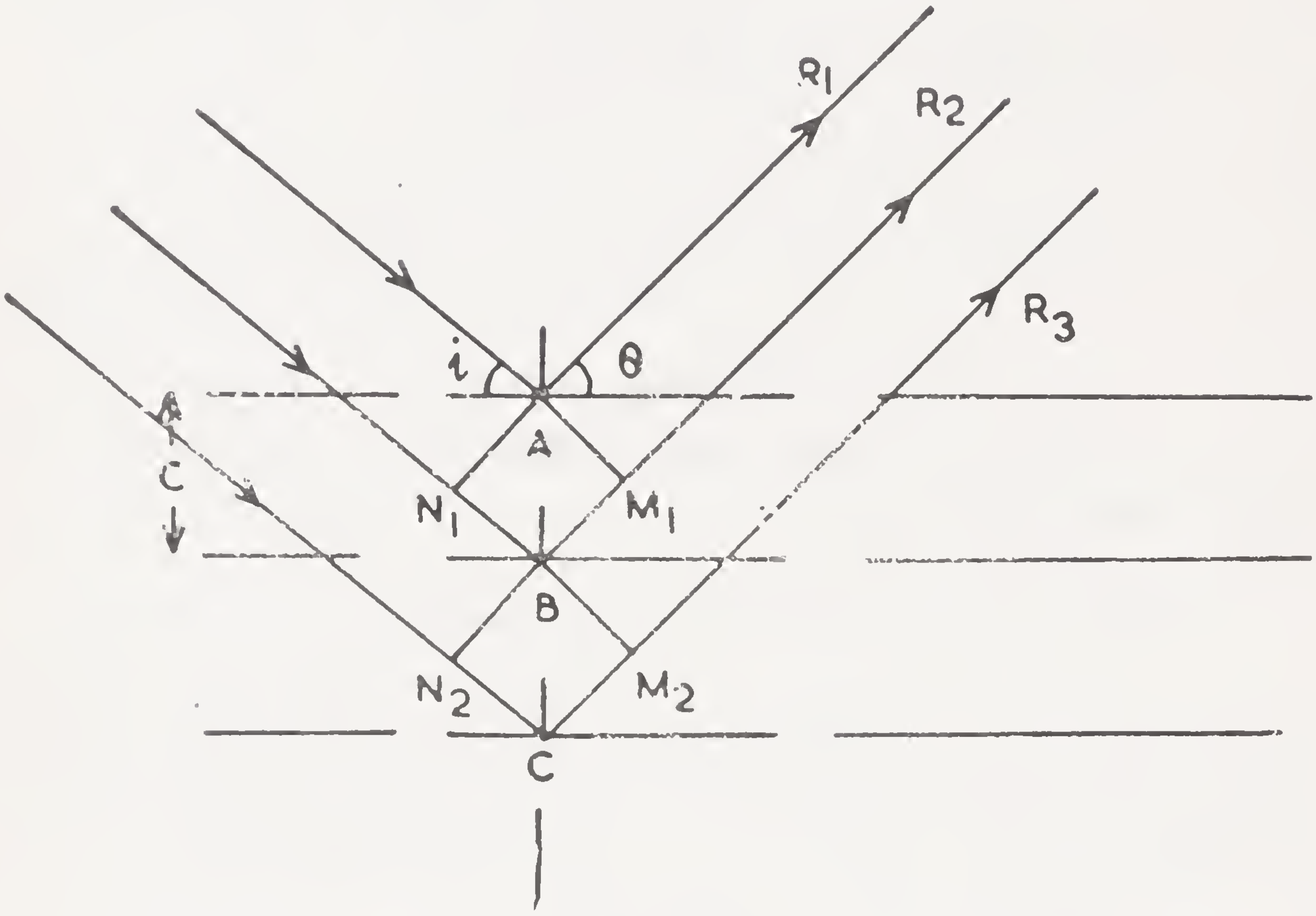
$$\text{ie } n < \frac{2.54}{15{,}000 \times 6 \times 10^{-5}} = < 2.8$$

ಅಂದರೆ ಎರಡು ವರ್ಗಗಳು ಮಾತ್ರ ಕಾಣಬಹುದು.

(b) ಸೊಟ್ಟ ಆಪಾತ: ಕನಿಷ್ಠ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ (Minimum deviation)

ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳು ಒಂದು ರೇಖಾ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾಗುವಾಗ,

ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರದೆ, ಸೊಟ್ಟಾಗಿ (oblique) ಅಂದರೆ, ಲಂಬನೇರಕ್ಕೆ ಒಂದು ಕೋನದಲ್ಲಿ ಆಪಾತವಾಗುವಾಗ, ಅಲೆಗಳ ಹೊರಬೀಳುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಬದಲಾವಣೆ ಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯುವಾಗುವ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಈಗ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 5.14

A B, B C, ... ಗಳು ವಿವಿಧ ಅಂಗಗಳು

$$AB = BC = \dots \quad \dots \quad \dots c$$

ಅಲೆಗಳ ಆಪಾತಕೋನವು i_1 ಆಗಿಯೂ, ನಮನಕೋನವು θ_1 ಆದರೆ

AR_1, BR_2 .... ಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

A ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳಿಗೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುರೂಪಬಿಂದು B ಯಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು

$$\begin{aligned} p &= BN_1 + BM_1 \\ &= AB \cdot \sin i_1 + BA \sin \theta_1 \\ &= c(\sin i_1 + \sin \theta_1) \\ &\doteq \lambda. \end{aligned}$$ (ಒಂದನೇ ವರ್ಗದ ಅಧಿಕತಮ ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನ)

$$c(\sin i_1 + \sin \theta_1) = \lambda \qquad (5.40)$$

n^{th} ವರ್ಗದ ಅಧಿಕತಮ ಪ್ರಕಾಶಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ

$$c(\sin i_n + \sin \theta_n) = n\lambda \qquad (5.41)$$

ಈ ನಮನದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಒಟ್ಟು ದಿಕ್ಚ್ಯುತಿಯು D ಆದರೆ,

$$D = i + \theta \tag{5.41}$$

ಇದು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಬೇಕಾದರೆ, $dD = di + d\theta = O$

$$di = \pm d\theta \quad i = \pm \theta \tag{5.43}$$

ಆಪಾತಕೋನವೂ ನಮನಕೋನವೂ ಸಮನಾಗಬೇಕು.

ಇದರಲ್ಲಿ $i = -\theta$ ಆದರೆ, ನೇರ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ ಅಥವಾ ಕೇಂದ್ರ ಅಧಿಕತಮ ಸ್ಥಾನವೇ ಆಗುತ್ತದೆ.

$i = \theta$ ಆದರೆ, ಆಪಾತ ಮತ್ತು ನಮನ ಕೋನಗಳು ಲಂಬ ನೇರಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ಕಡೆಯಲ್ಲಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಸಮಾನವಾಗಿರಬೇಕು.

ಹೀಗಾದರೆ, $D = i + \theta = 2i\ 2\theta$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಮೊದಲನೆಯ ವರ್ಗದ ಅಧಿಕತಮ ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ

$$p = 2c \sin i_1 = 2c \sin \frac{D}{2} = \lambda$$

$$\therefore\ 2c \sin \frac{D}{2} = \lambda \tag{5.44}$$

n^{th} ವರ್ಗದ ಅಧಿಕತಮ ಪ್ರಕಾಶ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ, ಕನಿಷ್ಠ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ ಆದಾಗ,

$$\underline{2c \sin \frac{D}{2} = n\lambda} \tag{5.45}$$

ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀನಲ್ಲಿ N ರೇಖೆಗಳಿದ್ದರೆ, $c = \frac{1}{N}$

$$\therefore\ \frac{2}{N} \sin \frac{D}{2} = n\lambda \tag{5.46}$$

ಇದನ್ನು ಎರಡು ರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಬರೆಯಬಹುದು.

$$\lambda = \frac{2 \sin D/2}{N n}$$

$$\text{ಅಥವಾ } N = \frac{2 \sin \frac{D}{2}}{\lambda} \ (n = 1 \text{ ಆದರೆ}) \tag{5.47}$$

ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, λ ಅಥವಾ N ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ, ನಮನ ಫಲಕವನ್ನು ರೋಹಿತ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿ, ಅಳತೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಸಾಮಾನ್ಯ ರೋಹಿತ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿ, ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡುವಂತೆಯೇ, ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ರೇಖಾ ಫಲಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಮಾಡುವ

ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಸಿದ್ಧತೆಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಮಾಡಿ, ಕಾಲಿಮೇಟರ್ ಮತ್ತು ದೂರದರ್ಶಕ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣ ಸಮೂಹಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೂ, ಅಂಥ ಕಿರಣ ಸಮೂಹಗಳನ್ನು ದೂರದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸುವಂತೆಯೂ, ಅಳವಡಿಸಿರಬೇಕು.

ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಅದು ಕಾಲಿಮೇಟರ್‌ನ ನಿಡುಗಂಡಿಯ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಮಧ್ಯದ ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ಲಂಬವಾಗಿ ನಮುನ ಫಲಕವನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿ, ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕನ್ನು ದೂರದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಒಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ರೇಖೆಯು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಸರಿಯಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಮೆಲ್ಲಗೆ ತಿರುಗಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವಾಗ ದೂರದರ್ಶಕದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಅಳತೆಯನ್ನು ಗುರುತು ಮಾಡಬೇಕು. ಇದು ಮೊದಲನೆಯ ವರ್ಗದ ಸ್ಥಾನವಾದರೆ, ಇದರಂತೆಯೇ ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈ ಎರಡು ಸ್ಥಾನಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಕೋನವು 2 D ಆಗಿದ್ದು, D ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$\lambda = \frac{2 \sin D/2}{N n} = \frac{2 \sin \frac{D}{2}}{N} (n = 1)$$

ಸೂತ್ರದಿಂದ λ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ (5.47)

$$N = \frac{2 \sin D/2}{\lambda}$$

ಮೊದಲು ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಅದರ $\lambda = 5893 A^\circ$ ಆಗಿದ್ದರೆ, N ಪ್ರಮಾಣವು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. N ಪ್ರಮಾಣವು ಗೊತ್ತಾದ ಮೇಲೆ, ಪಾದರಸ ಹಬೆಯ ದೀಪವನ್ನು (Mercury vapour) ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಇದರ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಪ್ರಧಾನ ರೇಖೆಗಳು, ಹಸಿರು, ನೀಲಿ, ಹಳದಿ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಪ್ರಧಾನ ರೇಖೆಗೂ ತರಂಗ ದೂರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕನಿಷ್ಠ ನಮುನದ ಕೋನಗಳೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಂದ, ಆಯಾ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಬಹುದು.

ಹಸಿರು ರೇಖೆ λ_g ಆದರೆ

$$\lambda_g = \frac{2 \sin D\frac{g}{2}}{N}$$

ಹಳದಿ ರೇಖೆ $\lambda_y = \dfrac{2 \sin D\frac{y}{2}}{N}$

ನೀಲಿ ರೇಖೆ $\lambda_b = \dfrac{2 \sin D^{b}/_{2}}{N}$ (5.48)

$$\lambda_g : \lambda_y : \lambda_b = \sin \frac{D_g}{2} : \sin \frac{D_y}{2} : \sin \frac{D_b}{2}$$

ಇದನ್ನು ಒಂದು ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ವಿಶದಪಡಿಸಹಬುದು

ಉ: ಒಂದು ರೇಖಾ ಫಲಕವನ್ನು ರೋಹಿತ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದ್ದಲ್ಲಿ ಕೆಳಗೆ ಕಂಡ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಯಿತು.

ಪ್ರಧಾನ ಹಸಿರು ರೇಖೆಯ ತರಂಗ ದೂರವು 5461 A° ಆಗಿದ್ದು, 1 ನೇ ವರ್ಗದ ಕನಿಷ್ಠ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ ಪ್ರಮಾಣವು 19° ಆಗಿದ್ದರೆ, ಫಲಕದಲ್ಲಿ 1 ಅಂಗುಲದಲ್ಲಿರುವ ರೇಖೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೇನು? ಹಾಗೆಯೇ ನೀಲಿ ಮತ್ತು ಹಳದಿ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ (1 ನೇ ವರ್ಗದ) ಕನಿಷ್ಠ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಗಳು 15°8^1, 20°13^1 ಗಳಾದರೆ ಆ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳೇನು?

$$N = \frac{2 \sin D\frac{g}{2}}{\lambda_g} = \frac{2 \sin 9°30'}{5461 \times 10^{-5}} = 6043/\text{ಸೆಂ.ಮೀ}$$

ಒಂದು ಕಂಗುಲದಲ್ಲಿರುವ ರೇಖೆಗಳು $N \times 2.54 = 15350$

$$\frac{\lambda_y}{\lambda_g} = \frac{\sin D\frac{y}{2}}{\sin D\frac{g}{2}} \quad (5\text{–}48)$$

$$\lambda_y = \lambda_g \frac{\sin D\frac{y}{2}}{\sin D\frac{g}{2}} = \left(5461 \times \frac{\sin 10°6'}{\sin 9°30'}\right)$$

$$= \underline{5802} \ A°$$

ಹಾಗೆಯೇ $\lambda_b = \lambda_g \dfrac{\sin D\frac{b}{2}}{\sin D\frac{g}{2}} = \left[5461 \times \dfrac{\sin 7°34'}{\sin 9°30'}\right]$

$$= \underline{4357} \ A°$$

(c) ಸಮನ ರೇಖಾ ಫಲಕದ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ

(Dispersive Power and Resolving Power of a grating)

ರೋಹಿತ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ವರ್ಣ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವಂತೆಯೇ ಸಮನ ವಿಧಾನದಿಂದ ರೇಖಾ ಫಲಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ವರ್ಣರೇಖೆಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ದಿಕ್ ಚ್ಯುತಿಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಬಹುದು.

ಹಾಗೆಯೇ ಕೆಲವು ವರ್ಣರೇಖೆಗಳು ಸಂಯುಕ್ತವಾಗಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳ ಅಂಗ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ, ಅವುಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಿದರೆ, ಮುಪ್ಪಟ್ಟಿ ವರ್ಣ ಪಟಲಗಳಿಗೂ, ಈ ಫಲಕದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವರ್ಣ ಪಟಲಗಳಿಗೂ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನೂ ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

(i) ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿ

λ ಮತ್ತು $(\lambda + d\lambda)$ ತರಂಗ ದೂರಗಳ ಎರಡು ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಗಳು θ ಮತ್ತು $(\theta + d\theta)$ ಆದರೆ,

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \text{ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿ}$$

ಲಂಬ ಆಪಾತದ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ

$$c \sin\theta = n\lambda$$
$$c \cos\theta \, d\theta = n \cdot d\lambda$$
$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{n}{c\cos\theta} = \frac{nN}{\cos\theta} \quad (N = 1/_c) \qquad (5.48)$$

$d\lambda$ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣವಿರುವಾಗ, ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದರೆ ಫಲಕದ 'N' ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ. ಅಡಗಿರುವ ಗೆರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ ವಿಶ್ಲೇಷಣಶಕ್ತಿಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. A ಮತ್ತು B ಫಲಕಗಳಲ್ಲಿ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ.ಗೆ 4000, 5000 ಗೆರೆಗಳಿದ್ದರೆ, B ಯ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(ii) ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ

ಒಂದು ಉಪಕರಣದ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕಾದರೆ, λ ಮತ್ತು $(\lambda + d\lambda)$ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಎರಡು ಮೂಲ ಬೆಳಕುಗಳಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ರೇಖೆಗಳನ್ನಾಗಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು, $d\lambda$ ಪ್ರಮಾಣದ ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ,

$$\frac{\lambda}{d\lambda} = \text{ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ} \qquad (5.49)$$

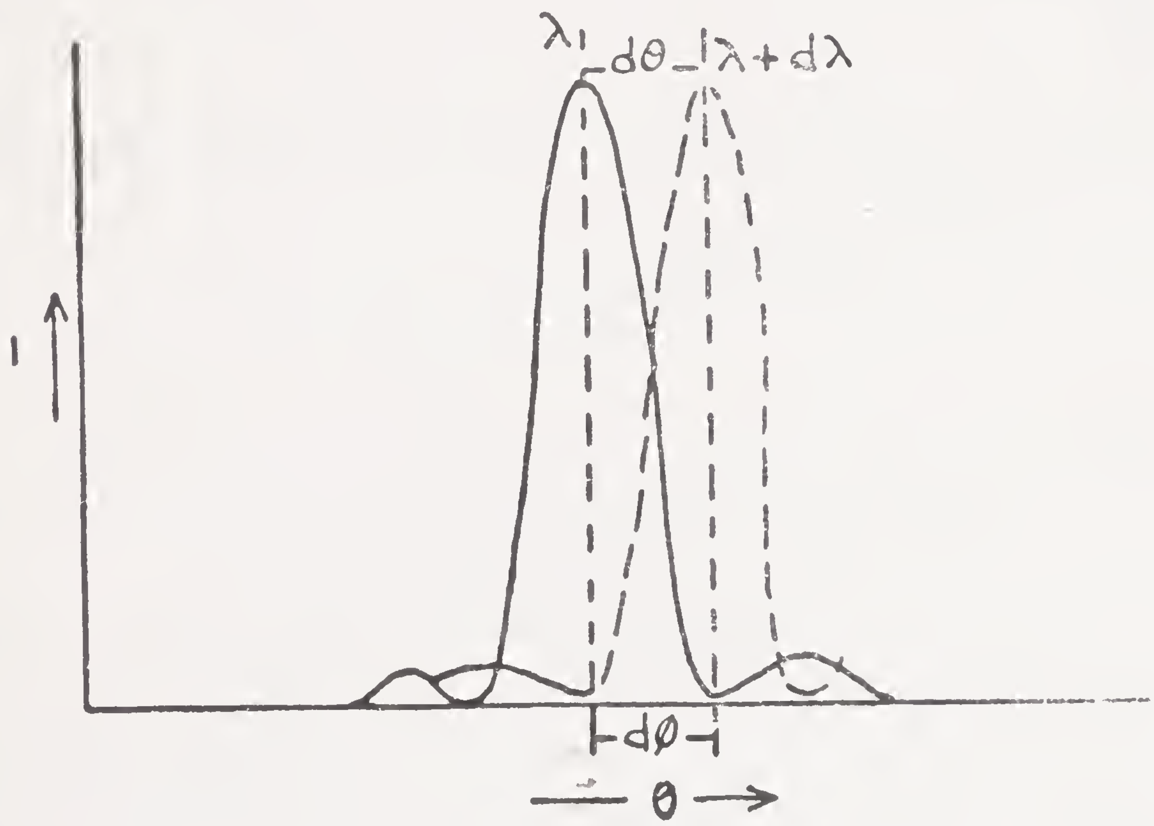
ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಫಲಕದಲ್ಲಿ $d\lambda = 0.1\ A^\circ$ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು

ಮತ್ತೊಂದರಲ್ಲಿ ಅದು 0.01 A° ಆದರೆ, ಎರಡನೆಯದರ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಒಂದು ರೇಖಾ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀ.ನಲ್ಲಿ N ಗೆರೆಗಳಿದ್ದು ಅದರ ಅಗಲವು a ಸೆಂ.ಮೀ. ಆದರೆ, ಅದರ ಒಟ್ಟು ಗೆರೆಗಳು $Na = N'$ ಆಗುತ್ತದೆ. n ವರ್ಗದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬೆಳಕಿನ ರೇಖೆಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕಾಣಬೇಕಾದರೆ ಅವುಗಳ ತರಂಗಾಂತರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $d\lambda$ ಆಗಿ,

$$\frac{\lambda}{d\lambda} = N'n \tag{5.50}$$

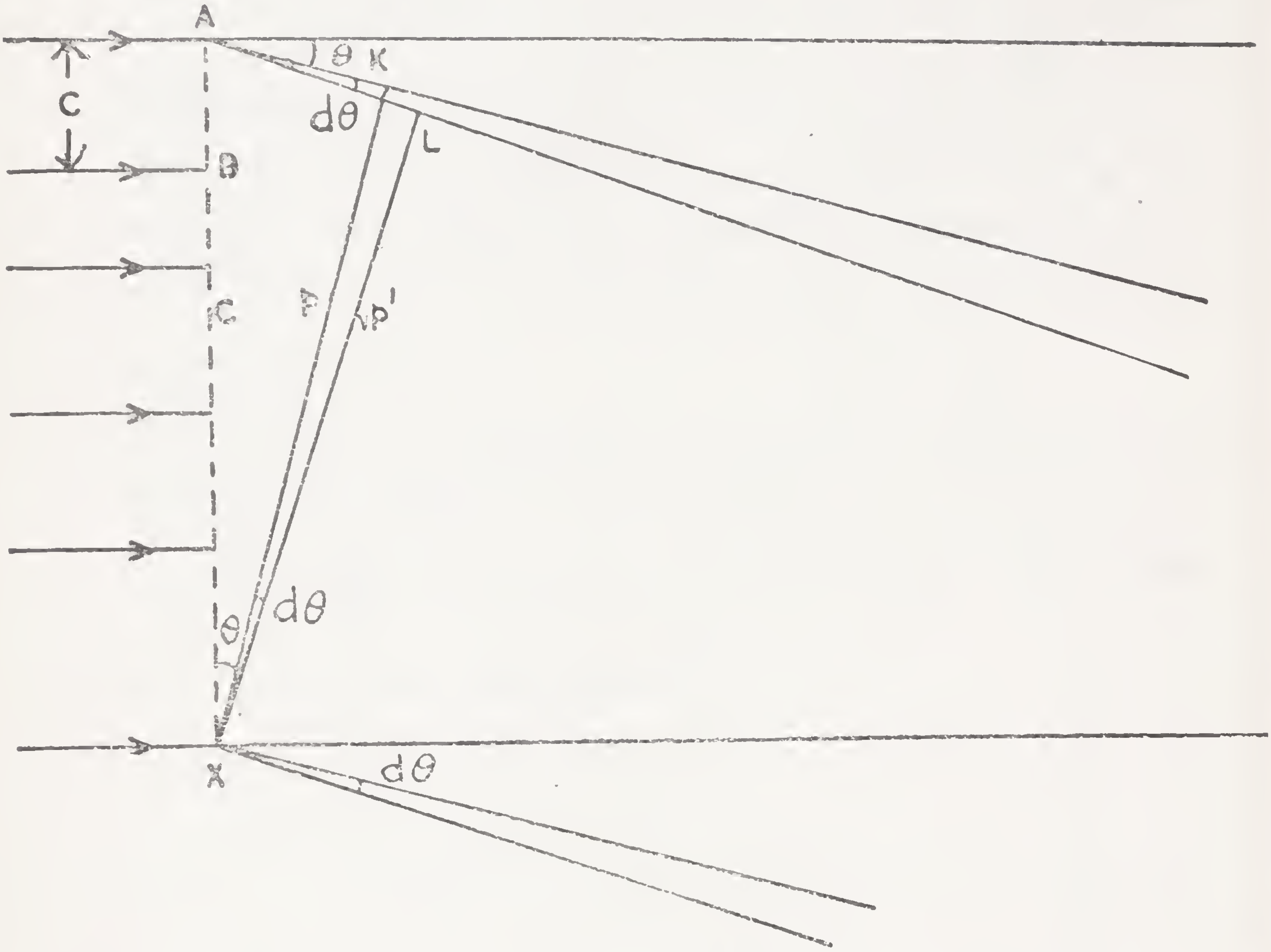
ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಈಗ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ಎರಡು ಸಮೀಪ ರೇಖೆಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ರ್‍ಯಾಲೆ ನಿಬಂಧನೆಯೆಂದು ಹೆಸರು. ಇದು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.



(a)

ಚಿತ್ರ 5.15 ರೇಖಾಫಲಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ λ ಮತ್ತು $(\lambda + d\lambda)$ ಬೆಳಕುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೂ (I) ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಗಳಿಗೂ θ ಇರುವ ಸಂಬಂಧಸೂಚಕ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ. P ಮತ್ತು P′ ಗಳು n ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಪರಮಾವಧಿ ಪ್ರಕಾಶಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಹಿಂದೆಯೇ (5.10) ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದೊಂದು ಪ್ರಧಾನ ಪರಮಾವಧಿ ರೇಖೆಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿದ್ದು ನಂತರ ಹಲವಾರು ದ್ವಿತೀಯ ಏರಿಳಿತಗಳಿರುತ್ತವೆ.



(b)

ಚಿತ್ರ 5.15 ರೇಖಾಫಲಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ

P ರೇಖೆಯಿಂದ P′ ರೇಖೆಗೆ ಹೋಗುವಾಗ, ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಯು θ ಇಂದ $(\theta + d\,\theta)$ಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿಯೂ λ ಇಂದ $(\lambda + d\,\lambda)$ಗೆ ಏರುತ್ತದೆ. λಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ P ಪರಮಾವಧಿಗೂ ಅದರ ಸಮೀಪ ಕನಿಷ್ಠಾವಧಿಗೂ (m) ಇರುವ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಯ ಅಂತರವು $d\,\phi$ ಆಗಿರಲಿ. ಈಗ ರ್‍ಯಾಲೆಯ ನಿಬಂಧನೆಯು ಹೇಳುವುದೇನೆಂದರೆ "λ, $(\lambda + d\,\lambda)$ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡಬೇಕಾದರೆ $(\lambda + d\,\lambda)$ ರೇಖೆಯ ಪರಮಾವಧಿಯೂ, λ ರೇಖೆಯ ಸಮೀಪ ಕನಿಷ್ಠಾವಧಿಯೂ (1 st minimum) ಒಂದೇ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, P ಗೂ m ಗೂ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $d\,\theta$ ಇಗಿಯೂ, Pಗೂ P′ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $d\,\phi$ ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ

$$d\,\theta = d\,\phi" \tag{5.51}$$

ಹೀಗಾದರೆ, P ಇಂದ P′ಗೆ ಹೋಗುವಾಗ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣದ ಇಳಿತವು

ನಮಗೆ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಬೇಕಾದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಈ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ನಮ್ಮ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು.

ಈಗ ಚಿತ್ರ 5.15 (b) ಯನ್ನು ಗಮನಿಸೋಣ.

A B C ...... ಎಂಬುದು ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟು N′ ಗೆರೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಲಿ ಅಂದರೆ, A ಮತ್ತು X ಬಿಂದುಗಳು ಮೊದಲನೆಯ ಮತ್ತು ಕೊನೆಯ ಅಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಅನುರೂಪ ಬಿಂದುಗಳು ಇವುಗಳ ನಡುವೆ N′ ಗೆರೆಗಳಿವೆ $\left[N' = N \cdot a\right]$ n ವರ್ಗದ ಪರಮಾವಧಿ ರೇಖೆಗಳು θ ಮತ್ತು $(\theta + d\theta)$ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಲಿ. ಅಲೆಗಳ ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳಾಗಿ ಫಲಕಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಆಪಾತವಾಗುತ್ತವೆ. A ಮತ್ತು X ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು θ ನೇರದಲ್ಲಿ $AK = p = N' \cdot n\lambda \cdot \left[\because c \sin\theta = n\lambda ;\ \frac{\sin\theta}{N} = n\lambda\right]$ ಇಲ್ಲಿ N = 1 ಸೆಂ.ಮೀ.ನಲ್ಲಿರುವ ಗೆರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

N' = ಇಡೀ ಫಲಕದಲ್ಲಿ A, X ಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಗೆರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ
= N x ಫಲಕದ ಅಗಲ = N a (5.52)

ಹಾಗೆಯೇ $(\lambda + d\lambda)$ ಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ $(\theta + d\theta)$ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ A ಮತ್ತು X ಗಳ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ನಡುವಣ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು

$$AL = p' = N' n (\lambda + d\lambda) \tag{5.53}$$

ಈಗ ಈ ಎರಡು ರೇಖೆಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡಬೇಕಾದರೆ, $(\theta + d\theta)$ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ λ ರೇಖೆಯ ಪರಮಾವಧಿ (P) ಗೆ ಸಮೀಪದ ಕನಿಷ್ಠ ಸ್ಥಾನವೂ (m) ಇರಬೇಕು. ಅದರೆ ಇವುಗಳ ನಡುವಣ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ $(p'-p)$ ಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು.

ಆದರೆ, P – m ಗಳ ನಡುವಣ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು λ ಆಗಿರಬೇಕು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಇದು ಹೇಗೆಂದರೆ, A X ನಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಗೆರೆಗಳನ್ನು $\frac{N'}{2}, \frac{N'}{2}$ ಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಭಾಗಿಸಿದರೆ, ಮೊದಲನೆಯ ವಿಭಾಗಕ್ಕೂ ಎರಡನೆಯ ವಿಭಾಗಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸರಾಸರಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $\lambda/_2$ ಆದರೆ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಟ್ಟು ಪಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು λ ಆಗಿರಬೇಕಾದರೆ

$$AL = p + \lambda \tag{5.54}$$

ಈ ನಿಯಮದಿಂದ

$$A L = (N' n \lambda + \lambda) \text{ ಆಗುತ್ತದೆ}$$

ಆದರೆ $A L = N' n (\lambda + d \lambda)$ (5.53)

$$= N' n \lambda + N' n d \lambda$$

$$\therefore N' n \lambda + \lambda = N' n \lambda + N' n d \lambda$$

$$\therefore \quad \frac{\lambda}{d\lambda} = N' n \quad (5.50)$$

ಇದೇ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯ ಸೂತ್ರ

ಇದನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಎರಡು ಮಾರ್ಗಗಳಿವೆ. (1) ಪಥಕದ ಒಟ್ಟು ಗೆರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. (2) ರೇಖೆಯ ವರ್ಗ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ (n) ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.

ಉ: (1) ಸೋಡಿಯಂ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳು 5890 A° ಮತ್ತು 5896 A° ಒಂದನೆಯ ವರ್ಗದಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲು ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿ ಒಟ್ಟು ಎಷ್ಟು ಗೆರೆಗಳಿರಬೇಕು ?

$$N'n = \frac{\lambda}{d\lambda}$$

$$d\lambda = \frac{\lambda}{N'n} \qquad (5.54)$$

ಇಲ್ಲಿ 5893 A° = λ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, $d \lambda = 6$ A°, $n = 1$

$$\therefore N' = \frac{5893}{6 \times 1} = \underline{982}$$

(2) ಒಂದು ನಮುನ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀನಲ್ಲಿ 6000 ಗೆರೆಗಳಿದ್ದು ಅದರ ಅಗಲ 5 ಸೆಂ.ಮೀ. ಇರುತ್ತದೆ. ಪಾದರಸ ಹಬೆಯ ಹಸಿರು ರೇಖೆಯ ತರಂಗ ದೂರವು 5461 A° ಆದರೆ, ಇದರ ಎರಡನೆಯ ವರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡಬಹುದಾದ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣವು ಎಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ?

ಇಲ್ಲಿ $\frac{\lambda}{d\lambda} = N'n$

$$n = 2; \lambda = 5461 \text{ A}^\circ, N' = \underline{6000 \times 5}$$

$$\therefore d \lambda = \frac{\lambda}{N'n} = \frac{5461 \text{ A}^\circ}{6000 \times 5 \times 2} = \underline{0.09 \text{ A}^\circ}$$

(3) A ಮತ್ತು B ಎರಡು ನಮುನ ಫಲಕಗಳು ಅವುಗಳ ಅಗಲಗಳು ಕ್ರಮ ವಾಗಿ, 2 ಸೆಂ.ಮೀ. ಮತ್ತು 4 ಸೆಂ.ಮೀ.ಗಳು A ನಲ್ಲಿ 1 ಸೆಂ.ಮೀ.ನಲ್ಲಿ 5000 ಗೆರೆಗಳು B ನಲ್ಲಿ ಅದು 4000 ಗೆರೆಗಳೂ (1 ಸೆಂ.ಮೀ.) ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿ

A ಫಲಕ $\therefore$ $N = 5000$; $N' = 5000 \times 2 = 10,000$

B " $N = 4000$; $N' = 4000 \times 4 = 16,000$

ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿಯು N ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

A ಫಲಕದ ವಿಶ್ಲೇಷಣಶಕ್ತಿಯು ($d\lambda$) ಹೆಚ್ಚು.

ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯು N′ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ,

B ಫಲಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು.

5.11 ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕೂ ರೇಖಾಫಲಕ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕೂ ಹೋಲಿಕೆ

1. ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ವರ್ಣಪಟಲವಿರುತ್ತದೆ ಆದರೆ, ಫಲಕದ ಲಂಬ ನೇರದ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹಲವು ವರ್ಣಗಳ ಪಟಲಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನಮಾಡುತ್ತದೆ.

2. ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಪಟಲವಿರುವುದರಿಂದ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಅದರಲ್ಲಿಯೇ ಕೇಂದ್ರೀಕೃತವಾಗಿ ರೇಖೆಗಳು ಪ್ರಕಾಶಮಾನ ವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶ ವಿದ್ದು, ಉಳಿದ ಪ್ರಕಾಶವು ಮಿಕ್ಕ ವರ್ಗಗಳಿಗೆ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವುದ ರಿಂದ ರೇಖೆಗಳ ಪ್ರಕಾಶ ಕುಂದಿರುತ್ತದೆ.

3. ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತಕವು ಕಡಿಮೆಯಾದಂತೆ (ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನಿಂದ ಊದ ಅಂಚಿನವರೆವಿಗೆ) ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.
ಆದರೆ, ರೇಖಾಫಲಕದ ಪಲಕದಲ್ಲಿ ತರಂಗಾಂತರವು ಹೆಚ್ಚಾಗುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೇ (ಊದಯಿಂದ ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನವರೆವಿಗೆ) ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿಯೂ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

4. ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಪಟಲ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಪಟಲದ ವಿವಿಧ ವರ್ಣಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ $\frac{d\theta}{d\lambda}$ ಸಮಾನತರಂಗ ವ್ಯತಾಸಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಧಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ ವ್ಯತ್ಯಾಗಳು ಅಸಮ

ವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಆ ಪಟಲವನ್ನು ಅಸಂಬದ್ಧವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಆದರೆ, ನಮುನ ಫಲಕದ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಆ ಎರಡು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಸಂಬದ್ಧ (Rational) ಪಟಲವೆಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು.

5. ಎರಡು ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟಿಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಅವುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಆ ಗಾಜುಗಳ ರಶ್ಮಿಭಂಗಸೂಚಕ (μ) ಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ಬದಲಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಆದರೆ, ಎರಡು ವಿವಿಧ ರೇಖಾಫಲಕಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅವುಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಶಕ್ತಿಗಳು ಆಯಾ ಫಲಕಗಳ N (ಒಂದು ಸೆಂ.ಮೀನಲ್ಲಿರುವ ಗೆರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ) ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆ ಫಲಕವು ಯಾವ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಮುದ್ರಿತವಾಗಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿಲ್ಲ.

ನಮುನ ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಲಂಬವಾಗಿ ಆಪಾತವಾದರೆ, ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ವರ್ಣ ರೇಖೆಗಳು, ಮಧ್ಯರೇಖೆಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹಲವು ವರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನಿಂದ ($\lambda_r = 7800$ A°) ಊದ ಅಂಚಿಗೆ ($\lambda_b = 3900$ A°) ಹೋಗುವಾಗ, ಒಂದೊಂದು ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿಯೂ ಹಲವು ವರ್ಗಗಳಿದ್ದು, ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಣ್ಣ ರೇಖೆಗಳು ಮಿಲನವಾಗುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಿರಬಹುದು.

$$c \sin\theta_r = \lambda_v n$$
$$c \sin\theta_v - \lambda_v n'$$

$$\theta_r = \theta_v \text{ ಆದರೆ, } \frac{n'}{n} = \frac{\lambda_r}{\lambda_v} = \frac{7800 \times 10^{-8}}{3900 \times 10^{-8}} = 2$$

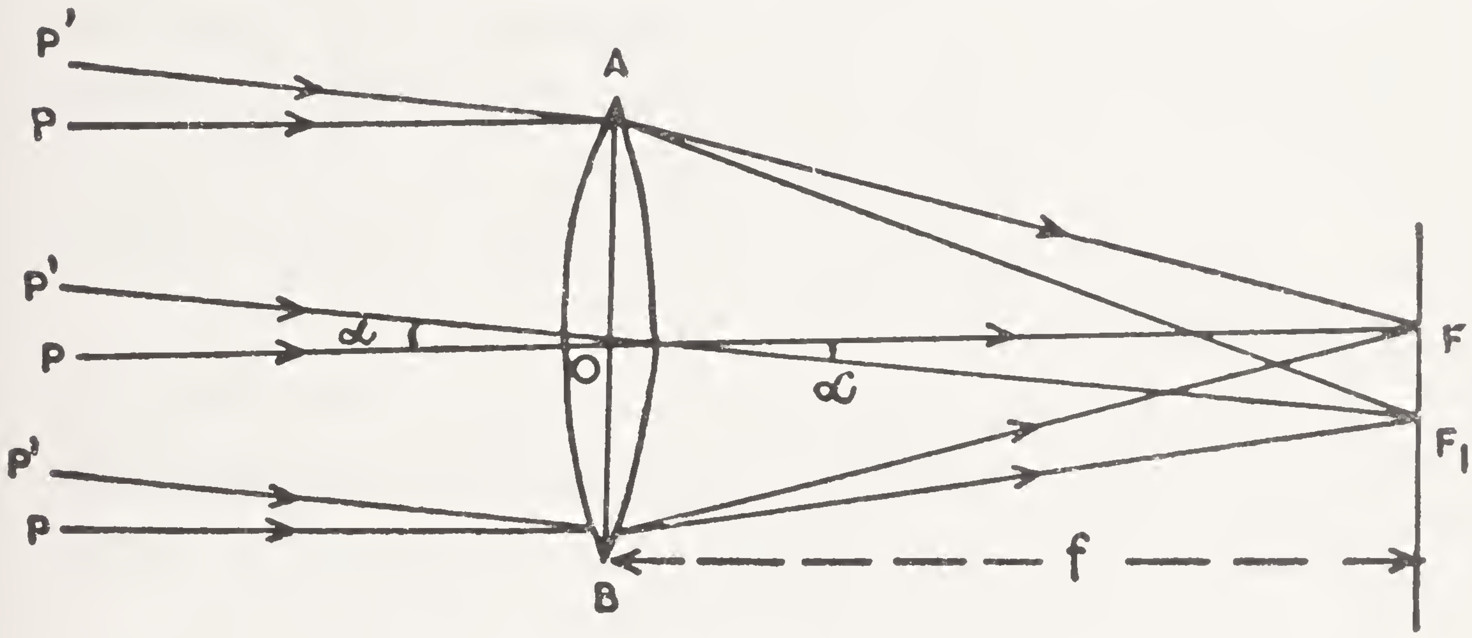
ಅಂದರೆ, ಊದ ಬಣ್ಣದ ಎರಡನೆಯ ವರ್ಗರೇಖೆಯೂ, ಕೆಂಪುಬಣ್ಣದ ಮೊದಲನೆಯ ವರ್ಗರೇಖೆಯೂ ಒಂದೇ ಕಡೆಯಲ್ಲಿರಲು ಸಾಧ್ಯ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ಣ ಪಟಲಗಳ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿ, ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಬಹುದು.

5.12 ಕೆಲವು ಉಪಕರಣಗಳ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ – ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ಮುಪ್ಪಟ್ಟಿ

(i) ದೂರದರ್ಶಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣಶಕ್ತಿ

ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಅತಿ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೋ,

ಅಥವಾ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನೋ ವೀಕ್ಷಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗೆ ಅತಿ ದೂರ ದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ದೂರ ದರ್ಶಕ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು ವಾಸ್ತವ್ಯವಾಗಿ ಅಳೆ ಯಲು ದೂರದರ್ಶಕದ ಯವದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುವ ಕೋನ (angle sabtended at the objcet-glass) ವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಬೇಕು. ಈಗ ದೂರದರ್ಶಕದ ಯವದ ರಂಧ್ರವು ಆಯಾ ಕೃತಿಯಾಗಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ (rectangular apertune).



ಚಿತ್ರ 5.16 ದೂರದರ್ಶಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣಶಕ್ತಿ

P ಎಂಬುದು (ಚಿತ್ರ 5.16) ಒಂದು ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು P O ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣ ಸಮೂಹದಂತೆ ಯವದ ರಂಧ್ರ (apertune of the lens) A B ಯ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾಗುವಾಗ, ಅಲೆ ಗಳು ತರಂಗಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ನಮನಸ್ಹೊಂದುತ್ತವೆ. F ಎಂಬುದು ಇವುಗಳ ಸಂಗಮಸ್ಥಾನವಾಗಿದ್ದರೆ F O = f ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ನಮನದ ದೆಸೆಯಿಂದ F ಪ್ರಕಾಶ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಪರ್ಯಾಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಪ್ರಕಾಶ ಆಕೃತಿಗಳಿರುತ್ತವೆ. F ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆಯ ಕಪ್ಪು ಆಕೃತಿಯ ಕೇಂದ್ರವಾಗಿದ್ದರೆ,

$$AF_1 - BF_1 = \lambda$$ ಆಗಿರಬೇಕು.

A ಮತ್ತು B ಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವಣ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು $AF_1 - BF_1$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. A B ರಂಧ್ರದ ವ್ಯಾಸ (AB=a) ವನ್ನು AO OB ಎಂದು ಎರಡು ಸಮಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದರೆ, ಈ ಎರಡು ವಿಭಾಗಗಳಿಂದಲೂ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳ ಸರಾಸರಿ ಪಥ

ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $\frac{\lambda}{2}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ವ್ಯತಿಕರಣದಿಂದ F_1 ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶವಿರಬೇಕು.

$$A F_1 - B F_1 = \frac{AB \cdot FF_1}{OF} = \frac{a \cdot FF_1}{f} = \lambda$$

$$\therefore \ F F_1 = \frac{\lambda \cdot f}{a} \qquad (5.56)$$

ಈಗ, P ಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ P′ ಎಂಬ ಎರಡನೆಯ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳು P′ o ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವ ಕಿರಣ ಸಮೂಹದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. P_1 P′ ಗಳಿಗೆ O ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ, ಯವದಲ್ಲಿ ಅಭಿಮುಖ ವಾಗಿರುವ ಕೋನವು $POP' = \alpha$ ಆಗಿರಲಿ.

P′ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ನಮುನ ಆಕೃತಿಗೆ (diffraction pattan) F_1 ಕೇಂದ್ರವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

P,P′ ಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡಬೇಕಾದರೆ, ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, P′ ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ನಮುನ ಆಕೃತಿಯ ಪ್ರಕಾಶಕೇಂದ್ರವೂ, P ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮೊದಲ ನೆಯ ಕಪ್ಪು (ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶ) ಸ್ಥಾನದ ಕೇಂದ್ರವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿದ್ದರೆ, α = ದೂರದರ್ಶಕದ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (5.16) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ,

$$F F_1 = a \cdot O F = a \cdot f \quad (\alpha \text{ ಕೋನವು ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣ})$$

$$\therefore \ \lambda \frac{f}{a} = \alpha f$$

$$\therefore \ \alpha = \frac{\lambda}{a} \qquad (5.57)$$

ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ, ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಯವಗಳೆಲ್ಲವೂ ವರ್ತುಲ ಆಕೃತಿ (Circular outline) ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ನಮುನ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಕೇಂದ್ರವೃತ್ತದ ಸುತ್ತಲೂ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ, ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಪ್ರಕಾಶ ವೃತ್ತಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಕಪ್ಪುವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯವು $r = \frac{1.22 f}{a}$ (5.58) ಆಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಗಣಿತ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಎರಡು ದೂರದ ವಸ್ತುಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದರ ನಮುನ ಆಕೃತಿಯ ಕೇಂದ್ರವೂ ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತುವಿನ ನಮುನಾಕೃತಿಯ ಪ್ರಥಮ ಕಪ್ಪುವೃತ್ತದ ಮೇಲೆ ಬೀಳಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ,

$$\alpha = \frac{1.22\ \lambda}{a} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ} \qquad (5.58)$$

ಹಳದಿಯ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ $\lambda = 6 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ದೂರದರ್ಶಕದ ಯವದ ವ್ಯಾಸವು 40 ಅಂಗುಲ (Yerkes ನಕ್ಷತ್ರ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ದೃಕ್ ಯಂತ್ರ) ವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$\alpha = \frac{1.22 \times 6\text{x}10^{-5}}{40 \times 2.54} \text{ ರೇಡಿಯರ್} = \underline{0{\cdot}15''} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ} \qquad (5.59)$$

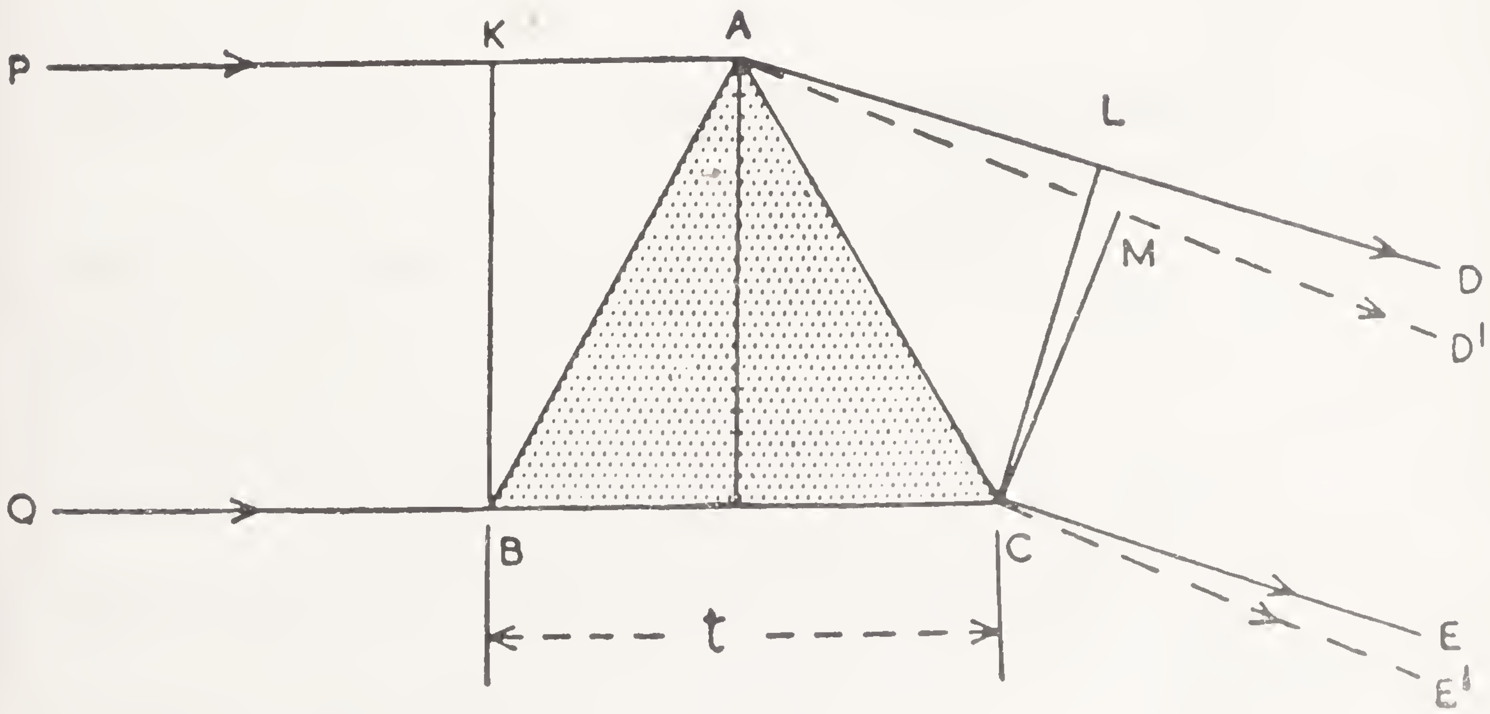
ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣನ್ನು ಒಂದು ದೃಕ್ ಯಂತ್ರದಂತೆ ಭಾವಿಸಿದರೆ ಅದರ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸುಮಾರು $2' = 120''$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ದೂರದರ್ಶಕದ ಬೃಂಹಣಶಕ್ತಿ (magnification) ಯು

$$\frac{2'}{0.15''} = 800 \text{ (ಸುಮಾರು) ಅಷ್ಟಾದರೂ ಇರಬೇಕು.}$$

(ii) ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯು ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ

(Resolving power of a prism)

A B C ಎಂಬುದು ಒಂದು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ ಆಕೃತಿಯಾಗಿರಲಿ ಚಿತ್ರ (5.17) ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ರಂಧ್ರವು (aperture) ಆಯಾ ಕೃತಿಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. P A, Q B ಕಿರಣಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬರುವ



ಚಿತ್ರ 5.17

ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರಗಳು λ, $(\lambda - d\lambda)$ ಗಳಾಗಿರಲಿ. B K ಎಂಬುದು ಆಪಾತ ಅಲೆಯ ಮುಖವಾಗಿದ್ದು ಇವುಗಳು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯೊಳಗೆ ಹೊರಬೀಳುವಾಗ, λ ಅಲೆಗಳು AL, CE ಗಳ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ $(\lambda - d\lambda)$ ಅಲೆಗಳು AD′, CE, ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಅಲೆಗಳು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯೊಳಗೆ, B C ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಈ ಎರಡು ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳಿಗೆ ನಮನದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನಮನಾಕೃತಿಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ರಧಾನ ಪ್ರಕಾಶ ರೇಖೆಗಳ ನಂತರ ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ ಕಪ್ಪು ಮತ್ತು ಪ್ರಕಾಶ ರೇಖೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಎರಡು ತರಂಗಾಂತರಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ರೇಖೆಗಳಲ್ಲಿ, ಒಂದರ ಪ್ರಧಾನ ಪ್ರಕಾಶ ರೇಖೆಯು ಮತ್ತೊಂದರ ಮೊದಲನೆಯ ಕಪ್ಪು ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದರೆ, ಎರಡೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಂತೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಹೊರಬೀಳುವ ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ C L ಮತ್ತು C M ಗಳು ಅಲೆಮುಖಗಳಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ.

$$BC = t \text{ (ತಳದ ದಪ್ಪ)}$$

ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಪೃಥಕ್ಕರಣಕ್ಕೆ ಇರಬೇಕಾದ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರೆ,

$$\frac{\lambda}{d\lambda} = \text{ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ} = t\,\frac{d\mu}{d\lambda} \qquad (5.59)$$

ಎಂಬ ಸೂತ್ರವನ್ನು ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು.

ಅಂದರೆ, ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ತಳ (base) ದ ದಪ್ಪಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಸೋಡಿಯಂ ರೇಖೆಗಳನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ $\lambda = 5896 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. $d\lambda = 6 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ಆದರೆ,

$$\frac{\lambda}{d\lambda} = \frac{5896}{6} = 983 \text{ (ಸುಮಾರು 1000 ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು)}$$

ಸಾಮಾನ್ಯ ಫ್ಲಿಂಟ್ ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ, ಈ ಪ್ರಮಾಣದ ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸುಲಭವಲ್ಲ.

ಆದರೆ, ನಮನ ಫಲಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಇದು ಬಹು ಸುಲಭವಾದ ವಿಧಾನವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ದೃಕ್ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ, ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆ

ಗಳ ಲಕ್ಷಣವಾದ ನಮೂನವನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಬೇಕು.

ಬೆಳಕು ಅಲೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮತ್ತು ನಮೂನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರಕಿದಂತಾಯಿತು.

ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಲು ಸಹಾಯವಾಗಿರುವ ಧ್ರುವೀಕರಣ (Polarisation) ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ 6

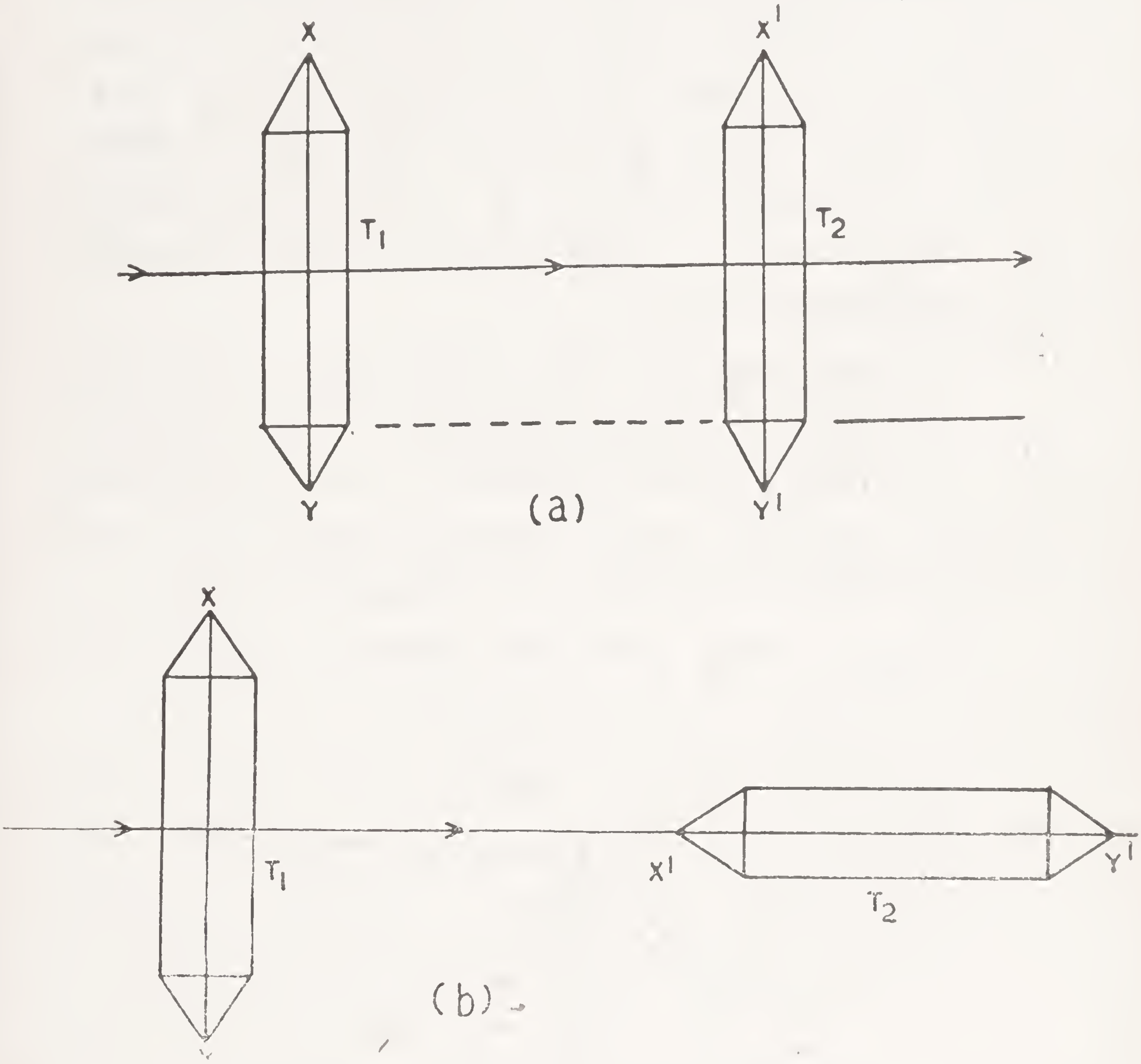
ಬೆಳಕಿನ ಧ್ರುವೀಕರಣ

6.1 ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದುವು

ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣ ಮತ್ತು ನಮನ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಲು ಬೆಳಕು ತರಂಗ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕೆಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು. ಅದರ ತರಂಗದೂರವು ಅತಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿಷ್ಕರ್ಷೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಆದರೆ, ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧಗಳೆಂಬುದು ಗೊತ್ತಾದ ವಿಷಯ. ಇವುಗಳನ್ನು ಉದ್ದ ಅಲೆಗಳೆಂದೂ, ಅಡ್ಡ (ಅಥವಾ ತಿರ್ಯಕ್) ಅಲೆಗಳೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. ಉದ್ದ ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಆಂದೋಲನಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಶಬ್ದದ ಅಲೆಗಳು ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿವೆ. ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಯಾದರೋ, ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ (ಅಥವಾ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ) ಆಂದೋಲನಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಈ ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿರಬೇಕೆಂಬ ಊಹೆಗೆ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಆಧಾರವಾದುವು.

ಕ್ರಿ. ಶ. 1669 ರಲ್ಲಿ ಬಾರ್ಥೋಲಿನಸ್ (Bartholinus) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ (Colcite) ಹರಳಿನ ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಕ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ಒಂದು ಕಿರಣವು ಈ ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಅದರೊಳಗೆ ಎರಡು ಕಿರಣಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗವಾಗಿ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗ (Double Refraction) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಚುಕ್ಕೆಯನ್ನು ಮಾಡಿ ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಫಲಕವನ್ನಿಟ್ಟು ಅದರ ಮೂಲಕ ನೋಡಿದರೆ ನಮಗೆ ಕಾಣುವುದು ಒಂದೇ ಪ್ರತಿಬಿಂಬ. ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ನಮಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಎರಡು ಚುಕ್ಕೆಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ರಶ್ಮಿಭಂಗದಿಂದ ಎರಡು ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳು ಉತ್ಪನ್ನವಾದಂತಾಯಿತು. ಮತ್ತೊಂದು ವಿಶೇಷವೇನೆಂದರೆ : ಹರಳನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದು ಚುಕ್ಕೆ ಸ್ಥಿರವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಸುತ್ತ ಮತ್ತೊಂದು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳಿಗೆ ಸಾಧಾರಣ ಮತ್ತು ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳು ಎಂದು (Ordinary and extraordinary) ಹೆಸರು.

ಇದೇ ರೀತಿಯ ವಿಚಿತ್ರವರ್ತನೆಯನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ಟೂರ್ಮ್‌ಲಿನ್ (Tourmaline) ಹರಳಿನ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು T_1 ಎಂಬ ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು



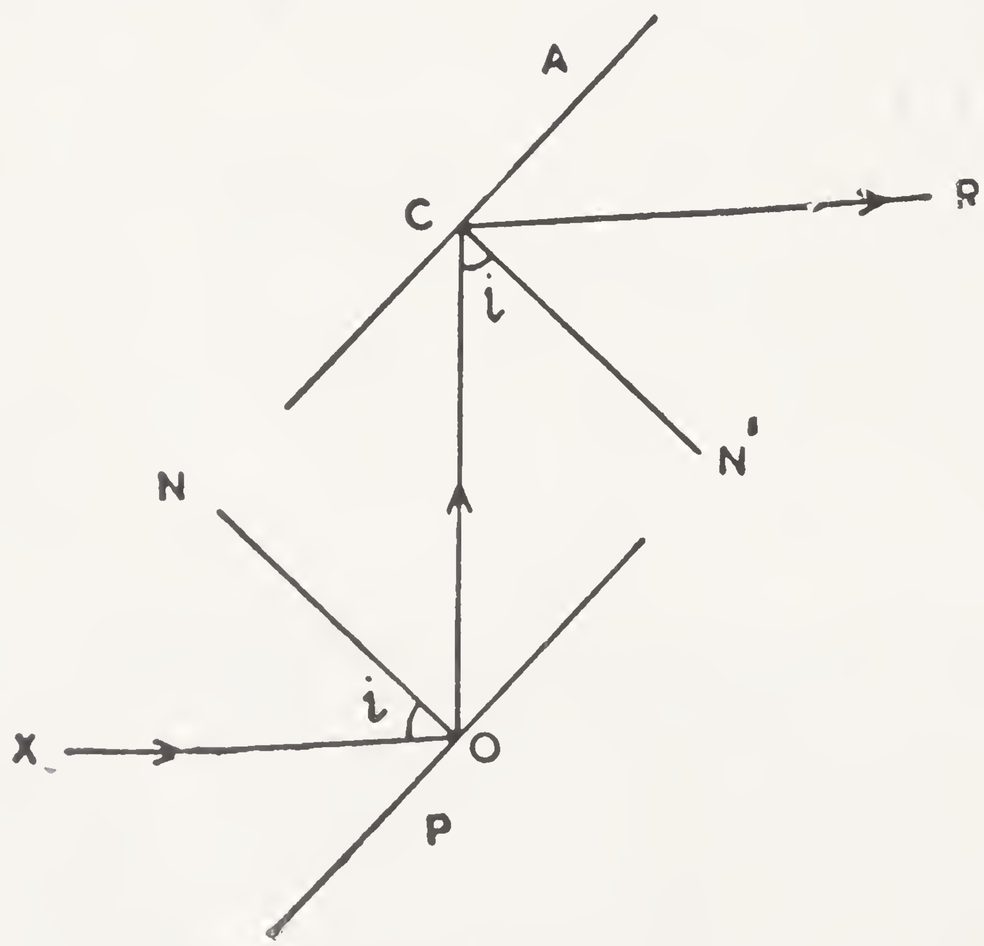
ಚಿತ್ರ 6.1

ಅದೇ ತರಹದ ಮತ್ತೊಂದು ಹರಳನ್ನು (T_2) ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಚಿತ್ರ 6.1 (b) ನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು T_1 ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದೆ. X Y ಎಂಬುದು ಇದರ ಒಂದು ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷವಾಗಿರಲಿ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ T_2 ಹರಳಿಗೆ $X' Y'$ ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷವಾಗಿರಲಿ. T_1 ಮೂಲಕ ಬರುವ ಬೆಳಕನ್ನು T_2 ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, T_2 ಹರಳನ್ನು ಅದರ ಅಕ್ಷದ ಓರಣವು ಬದಲಾಯಿಸುವಂತೆ, ಕ್ರಮೇಣ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋದರೆ, T_2 ನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ

ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ. XY_1 $X'Y'$ ಅಕ್ಷಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದರೆ, (a) ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶವೂ, ಅವುಗಳು ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, (b) ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶವೂ ಕಾಣಬರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಏರಿಳಿತಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇದೊಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಂಗತಿ. ಬೆಳಕು ಎರಡು ಪಾರದರ್ಶಕ ಹರಳುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ಪ್ರಕಾಶದ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಏರಿಳಿತವನ್ನು ಹೊಂದಲು, ಕೆಲವು ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯವಾಗಲು ಕಾರಣವೇನು ? ಒಂದು ವಿಷಯವೇನೋ ಖಚಿತವಾಗಿದೆ. T_1 ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು, ಯಾವುದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವಾಗ ವಿಕಾರವನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕು. ಈ ವಿಕಾರದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು, T_2 ಹರಳಿನಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕು ಅಲೆಗಳಾಗಿ ವರ್ತಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಸ್ಪಂದನಗಳ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಒಂದು ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಿರಬೇಕು.

ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ಹರಳುಗಳ ವರ್ತನೆಯು ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗವೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದರೂ, ಇದಕ್ಕೆ ನಿಜವಾದ ಕಾರಣವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಸಮರ್ಥನಾಗಲಿಲ್ಲ. ಕ್ರಿ. ಶ. 1810 ರಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಇದೇ ವಿಧವಾದ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಮ್ಯಾಲಸ್ (Malus) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದು ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರತಿಫಲನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಹೀಗಿದ್ದಿತು.

P ಮತ್ತು A ಎಂಬವು ಎರಡು ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳು. ಇವುಗಳು ಒಂದೇ



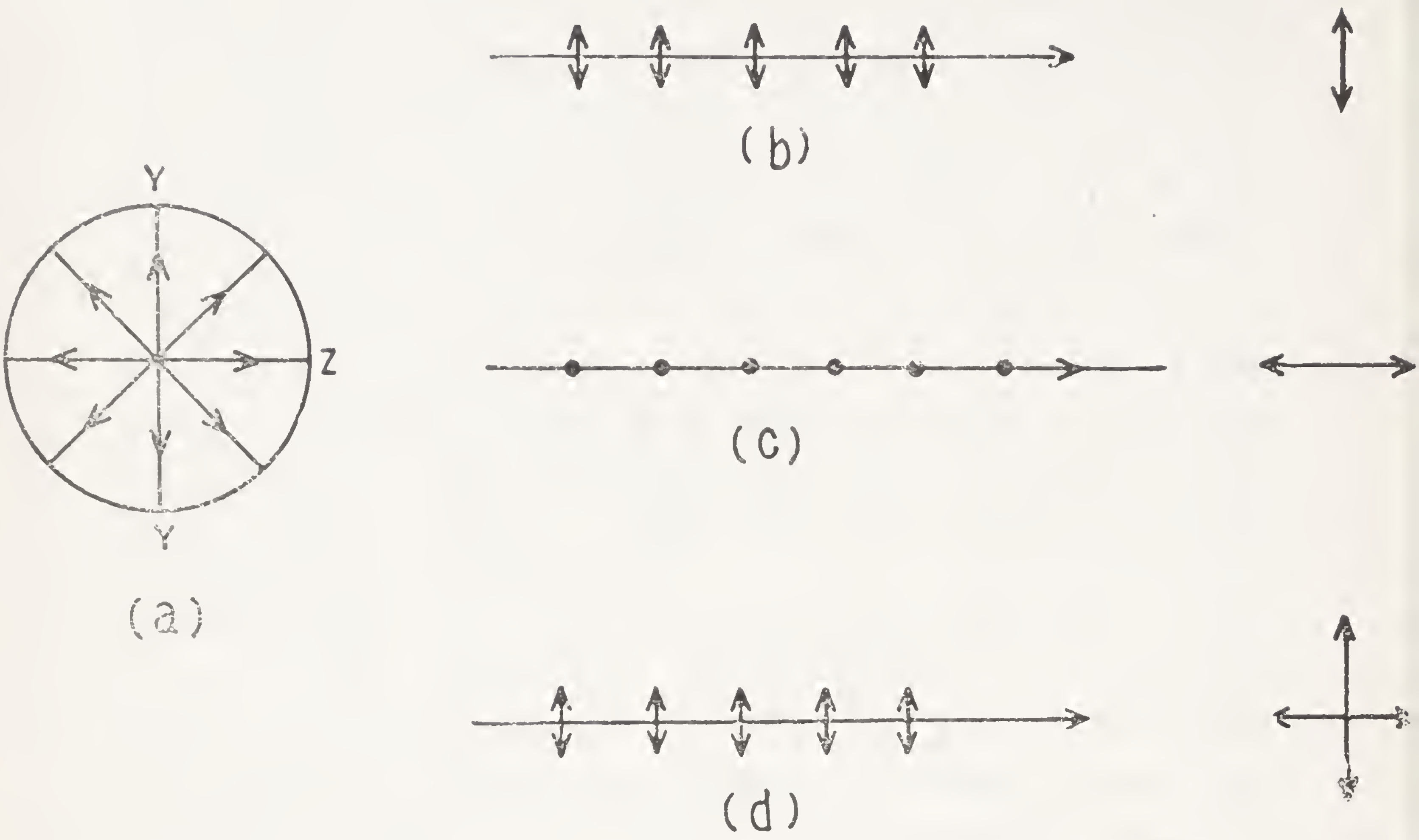
ಚಿತ್ರ 6.2

ಓರಣದಲ್ಲಿದ್ದು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರಲು X O ಎಂಬ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವು P ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾಗಿ, P C ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ ಮತ್ತೆ A ಫಲಕದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನದ ಫಲವಾಗಿ C R ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. C N ಮತ್ತು C N′ ಗಳು ಆಯಾ ಫಲಕಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದರೆ, O C, C R, C N′ ರೇಖೆಗಳು A ಫಲಕದ ಆಪಾತಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೂ X O, O N, O C ಗಳು P ಫಲಕದ ಆಪಾತ ಸಮತಲ (plane of incidence) ದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಈಗ, P ಫಲಕವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, A ಫಲಕವನ್ನು ಮಾತ್ರ O C ಕಿರಣದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, C R ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಏರಿಳಿತಗಳಾಗುತ್ತವೆ. P ಮತ್ತು A ಗಳಲ್ಲಿ ಆಪಾತ ಸಮತಲಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾದಾಗ, ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶವೂ ಅವುಗಳು ಲಂಬವಾದಾಗ, ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಕಾಶವೂ ಕಂಡುಬರುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿಯೇ, $XON = i =$ ಆಪಾತಕೋನವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಕೋನ ($i = i_p$) ದಲ್ಲಿ, ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಕಾಶವು ಶೂನ್ಯವೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೂ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವು (X O) P ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿದ ಮೇಲೆ, ಈ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕಿನ ಲಕ್ಷಣವೇ ಬೇರೆಯಾಗಿ ವಿಕೃತವಾಗುತ್ತದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಮೇಲಿನ ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಸಾದೃಶ್ಯವಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ಕಾಲ್ಸೈಟ್, ಟೂರ್ಮಲೀನ್ ಮುಂತಾದ ಕೆಲವು ಹರಳುಗಳ ಮೂಲಕ ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾದಾಗಲೂ, ಗಾಜಿನ ಫಲಕದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದುವಾಗಲೂ, ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕೆಂದೂ, (polarised) ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ಅಧ್ರುವೀಕೃತವೆಂದೂ, (unpolarised) ಕರೆಯಬಹುದು. ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾದರೆ, ಕೆಳಗೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

(i) ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿರಬೇಕು. ಅದರೆ, ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಪಂದನಗಳು ಉಂಟಾಗಬೇಕು.

(ii) ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ (Ordinary light) ಸ್ಪಂದನಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನೇರ ಅಥವಾ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಸೀಮಿತವಾಗಿಲ್ಲದೆ ನೂರಾರು – ಸಾವಿರಾರು ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ಷಣ ಕ್ಷಣಕ್ಕೂ [ಅಂದರೆ (10^{-8} ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ)] ನಿರಂತರವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ (a) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಪ್ರಸಾರದ ನೇರದ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಸಮಪಾರ್ಶ್ವತೆ(Symmetry)



ಚಿತ್ರ 6.3

ಯನ್ನು ಸ್ಪಂದನಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಯಾವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಮತಲಕ್ಕೂ ಪಕ್ಷಪಾತ ವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಅಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

(iii) ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಸಮಪಾರ್ಶ್ವತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ಟೂರ್ಮಲೀನ್ T_1 ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ಆ ಹರಳು ತನ್ನ ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷವಾದ X Y ಗೆ (ಚಿತ್ರ 6.1) ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವ ಸ್ಪಂದನಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸಿ, ಉಳಿದವುಗಳನ್ನು ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, T_1 ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನಗಳು ಈ ನೇರಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ವಿಷಮ ಪಾರ್ಶ್ವತೆ (Asymmetry) ಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ, ಅದನ್ನು ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ (Plane polarised) ಬೆಳಕೆಂದು ಹೆಸರು. ಇಂಥ ಬೆಳಕನ್ನು T_2 ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದೂ ಕೂಡ ತನ್ನ ಅಕ್ಷವಾದ X′ Y′ ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶವೂ, ಲಂಬವಾಗಿರುವಾಗ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ (ಅಥವಾ ಶೂನ್ಯ) ಪ್ರಮಾಣವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವೆ X′ Y′ ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವ ಸ್ಪಂದನಗಳ ಭಾಗವು ಮಾತ್ರ ಹೊರಬಿದ್ದು, ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರತಿಫಲನದ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ (ಚಿತ್ರ 6.2) X O ನೇರದಲ್ಲಿರುವ ಆಪಾತವಾಗುವ ಬೆಳಕು ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಾಗಿದ್ದು, ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪಕ್ಷಪಾತವಿಲ್ಲದೆ ಇದ್ದರೂ,

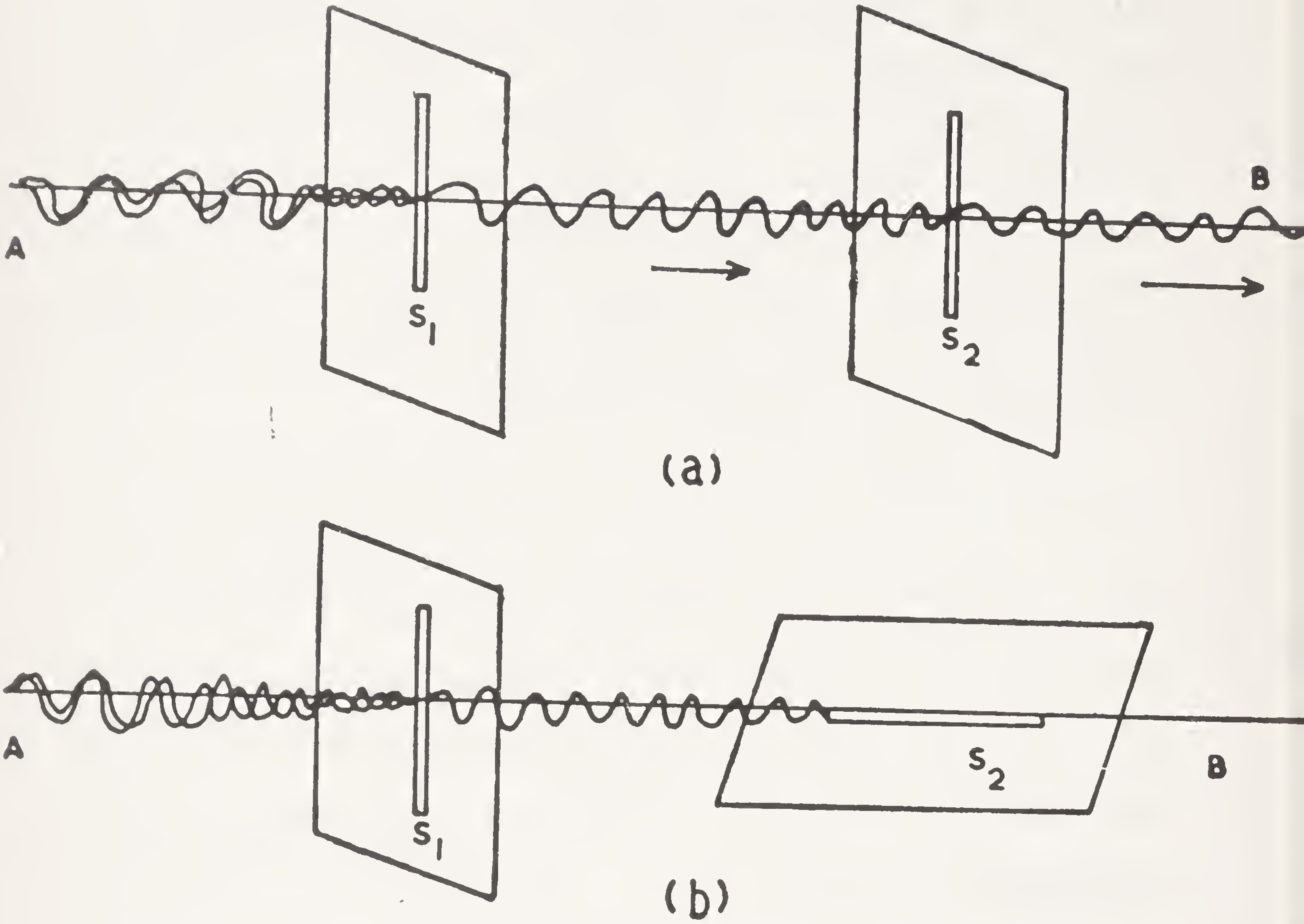
OC ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಬೆಳಕು ಭಾಗಶಃ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗುತ್ತದೆ. P ಮತ್ತು A ಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವಾಗ, C R ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳು ಲಂಬವಾಗಿರುವಾಗ, ಅಂದರೆ ಸಮತಲಗಳು ಲಂಬವಾದಾಗ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಕನಿಷ್ಠವಾಗಿರುತ್ತದೆ. $i = i_p$ ಆದಾಗ ಮಾತ್ರ ಆ ಕೋನವನ್ನುಧ್ರುವೀಕರಣಕೋನ(Polanising Angle) ವಾದಾಗ ಪ್ರಕಾಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ. ಗಾಜಿಗೆ $i_p = 57°$ (ಸುಮಾರು) ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ P ಫಲಕವನ್ನು ಧ್ರುವೀಕಾರಕವೆಂದೂ, A ಫಲಕವನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಕ (Analyzer) ವೆಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು.

iv) ಕಾಗದದ ಮೇಲೆ ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಒಂದು ಸಂಪ್ರದಾಯವಿದೆ. ಇದನ್ನು (ಚಿತ್ರ 6.3 (b) (c) (d) ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. (b) ನಲ್ಲಿ ↕ ಚಿಹ್ನೆಯು ಸಮುಕಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನ ನೇರವು ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವುದನ್ನೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬ → ನೇರವು ಪ್ರಸಾರ ದಿಕ್ಕನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. (c)λ ನಲ್ಲಿ ಚುಕ್ಕೆಗಳು ಸ್ಪಂದನ ನೇರವು ಚಿತ್ರದ ಸಮಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. (b) ನಲ್ಲಿ ↕ ಚಿಹ್ನೆಯು ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ (ಅಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು).

62 ಕಾಂತ್ರಿಕ ಸಾದೃಶ್ಯ (Mechanical Analogy)

ಒಂದು ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ತಾಂತ್ರಿತವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಅಲೆಗಳು ವರ್ತಿಸುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

A B ಎಂಬ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ದಾರವನ್ನು (ಚಿತ್ರ 6.4) ಅದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಗಲವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಆಯಾಕೃತಿಯ ರಂಧ್ರಗಳಾದ S ಮತ್ತು S_2ಗಳ ಮೂಲಕ ತೂರಿಸಿB ತುದಿಯನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಬಂಧಿಸಿ, A ತುದಿಯಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದಂತೆ ಅಲುಗಾಡಿಸಿ, ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳು ಹೊರಡುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು ಈ ಅಲುಗಾಡುವಿಕೆಯ ನೇರವನ್ನು ಕ್ಷಣ ಕ್ಷಣಕ್ಕೂ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, A B ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಅಧ್ರುವೀಕೃತ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಚಿತ್ರ (a) ದಲ್ಲಿ S_1 ವರವಿಗೆ ಈ ಅಲೆಗಳು ವಿವಿಧ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಇರುವುದು ಕಾಣಬಹುದು. S_1 ಆಚೆಗೆ ಹೊರಡುವ ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಅದರ ನೇರಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾದ ಸ್ಪಂದನಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರಲು ಅವಕಾಶವಿದ್ದು ಉಳಿದವು ತಡೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು ಮುಂದಕ್ಕೆ ಇವು ಎರಡನೆಯ



ಚಿತ್ರ 6.4

ರಂಧ್ರಕ್ಕೆ(S_2)ಬಂದಾಗ, S_2 ರಂಧ್ರವು S_1ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾದಾಗ ಮಾತ್ರ ಆ ನೇರದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಸ್ಪಂದನಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೊರ ಬೀಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. S_2 ರಂಧ್ರವನ್ನು ಕ್ರಮೇಣ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿ, ಅದು S_1ಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಇದು (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ S_1 ನಿಂದ ಬರುವ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಅದರಿಂದ ಆಚೆಗೆ ಇರುವ ದಾರದ ಭಾಗವು (S_2D) ನೇರವಾಗಿದ್ದು, ಯಾವ ಸ್ಪಂದನಕ್ಕೂ ಒಳಗಾಗುವುದಿಲ್ಲ. AS_1 ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ಸ್ಪಂದನಗಳು, S_1S_2 ಭಾಗದಲ್ಲಿ S_1ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಸ್ಪಂದನಗಳು ಇದ್ದು S_2 B ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಸ್ಪಂದನಗಳೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ದಾರವನ್ನೂ ಇಟ್ಟು ಅದರ ಮೂಲಕ ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಕಳುಹಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಒಂದು ಉದ್ದದ ಸುರಳಿ ತಂತಿಯನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅದನ್ನು S_1–S_2ಗಳ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ತಂತಿಯ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ನೇರದಲ್ಲಿ ಕಳುಹಿಸುವ ಉದ್ದ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ S_1S_2 ರಂಧ್ರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಯಾವ ಓರಣದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಯಾವ ತಡೆಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಟೂರ್ಮಲೀನ್ ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸುವುದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೋಲಿಸಬಹುದು. ABಯು

ದಾರಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರವಾಗುತ್ತದೆ. S_1, S_2ಗಳು, T_1, T_2 ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅಕ್ಷಗಳಾದ XY, X′Y′ ಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಬೇಕು. (ಚಿತ್ರ 6.1) T_1 ಹರಳು ಧ್ರುವೀಕಾರಕವಾದರೆ, T_2 ಹರಳು ವಿಶ್ಲೇಷಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ಉದ್ದದ ಅಲೆಗಳಾಗಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಸುರಳಿ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಉದ್ದ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

6.3 ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಹಲವು ವಿಧಾನಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಹೀಗೆ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

(i) ಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ ಧ್ರುವೀಕರಣ–ಇನ್ನು ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗ ದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

(ii) ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗ–ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್, ಟ್ಯುರ್ಮಲಿನ್ ಮೊದಲಾದ ಹರಳು ಗಳಿಂದ.

(iii) ಸಾಧಾರಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗ–ಗಾಜಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕು.

(iv) ಚದರುವಿಕೆ. (scattering)

6.4 ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳಿಂದ ಧ್ರುವೀಕರಣ

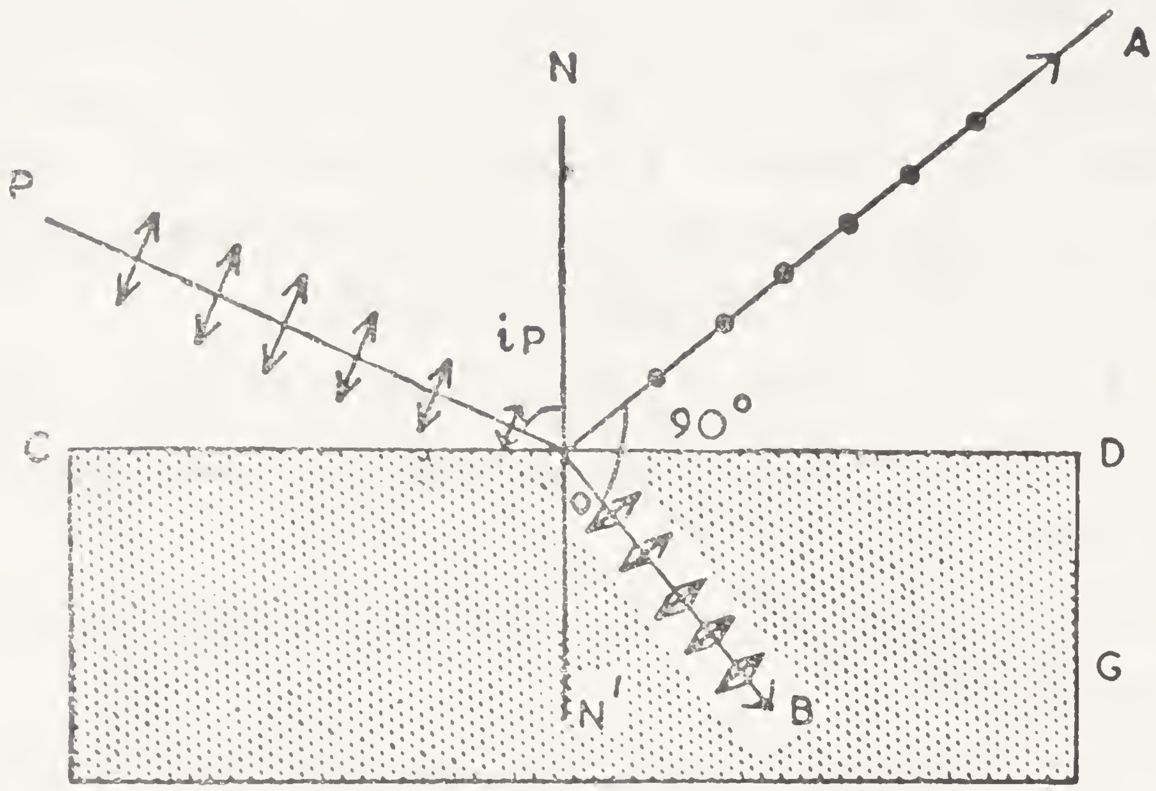
ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಫಲಕವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ಆಪಾತ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ರಶ್ಮಿಭಂಗಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಬೆಳಕು ಧ್ರುವೀಕೃತವಾದ ಬೆಳ ಕೆಂದು, ಮತ್ತೊಂದು ಗಾಜಿನ ಫಲಕವನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಕವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದೆಂದೂ ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈಗ, ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾಗುವ ಬೆಳಕಿ ನಲ್ಲಿ ಯಾವ ಪರಿವರ್ತನೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು.

G ಎಂಬುದು ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಆಯಾಕೃತಿಯ ಫಲಕವಾಗಿರಲಿ. ಅದರ C D ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ P O ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ (ಅಧ್ರುವೀಕೃತ) ಬೆಳಕಿನ ಆಪಾತವಾಗಲಿ. ON ಲಂಬರೇಖೆಯಾದರೆ, OA ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತಕಿರಣವೂ, O B ನೇರದಲ್ಲಿ ಭಗ್ನಕಿರಣವೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ.

$$PON = i = NOA = i$$

$$NOB = r$$

ಆಪಾತಕೋನದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಅದು i ಎಂಬ ಒಂದು ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವಾಗ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ



ಚಿತ್ರ 6.5

ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಪಂದನ ನೇರವು ಆಪಾತ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಧ್ರುವೀಕರಣ ಸಮತಲಕ್ಕೂ ಸ್ಪಂದನ ಸಮತಲಕ್ಕೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿದೆ. ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕು ಆಪಾತ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಧ್ರುವೀಕೃತವೆಂದು ಹೇಳಿದರೆ, ಅದರ ಸ್ಪಂದನ ಸಮತಲವು ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಈ ಕಾರಣವಲ್ಲಿ O A ನೇರದಲ್ಲಿ ಚುಕ್ಕೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ತೋರಿಸಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾದ ಬೆಳಕು O B ನೇರದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾದರೆ, ಅದರ ಸ್ಪಂದನ ಸಮತಲವು ಆಪಾತ ಸಮತಲವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಇದನು O B ನೇರದಲ್ಲಿ ↕ ಚಿಹ್ನೆಯಿಂದ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಆಪಾತಕೋನವು i_p ಆದರೆ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಕೋನಕ್ಕೆ ಧ್ರುವೀಕಾರಕಕೋನ (Polarising angle) ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಬ್ರೂಸ್ಟರ್ (Brewster) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ನಿಯಮವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದ್ದಾನೆ ಇದು ಈ ರೀತಿಯಿದೆ.

$$\tan i_p = \mu \qquad (6.1)$$

μ = ಗಾಜಿನ ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕ – ಇದನ್ನು 1.5 ಎಂದು ಹೇಳಿದರೆ

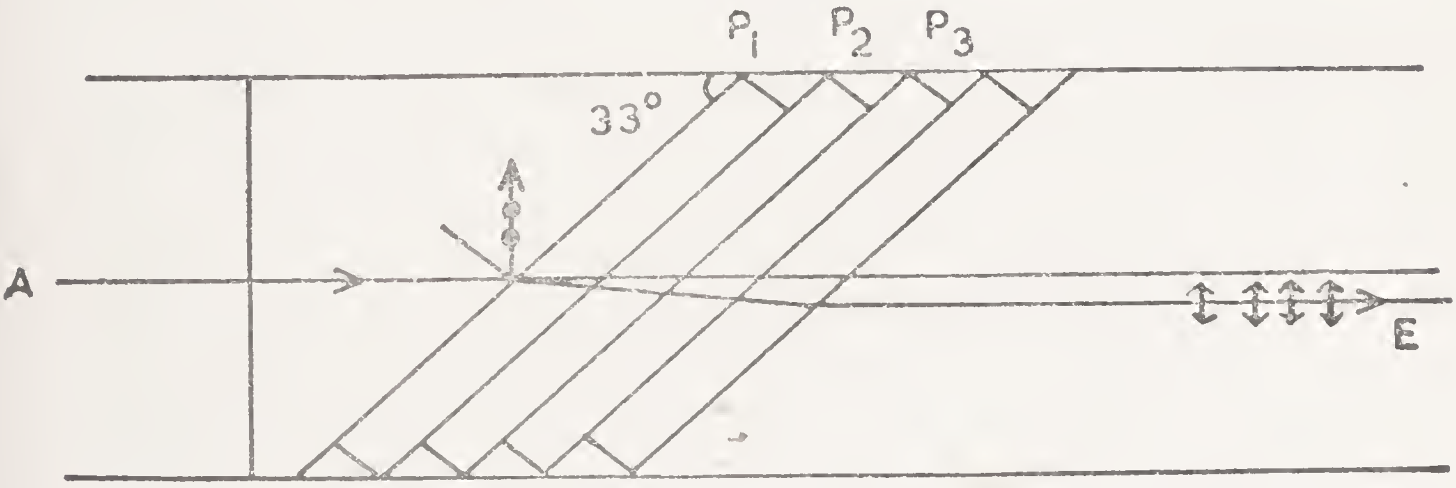
$$\tan i_p = 1.5$$
$$i_p = 57^\circ \qquad (6.2)$$

ಹೀಗಾಗುವಾಗ, O A ಮತ್ತು O B ಗಳ ನಡುವಣ ಕೋನವು AOB= 90° ಆಗುತ್ತದೆ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ,

$$\tan i_p = \mu \text{ ಆದರೆ}$$
$$\mu = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \frac{\sin i_p}{\sin r_p} \text{ ಆಗಬೇಕು}$$
$$\therefore r_p = 90^\circ - i_p$$
$$AOB = 90^\circ \qquad (4.3)$$

μ ಮೌಲ್ಯವು ತರಂಗಾಂತರವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದರಿಂದ i_p ಯು ಮೌಲ್ಯವು ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣದ ಬೆಳಕುಗಳಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿರಬೇಕು.

ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಒಂದು ಸರಳ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಫಲಕಗಳ ಸಂಚಯು (Pile of plates) ಎಂದು ಹೆಸರು ಇದರ ಒಂದು ಮಾದರಿಯನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 6.6 ಫಲಕ ಸಂಚಯು

T ಎಂಬುದು ಒಂದು ನಾಳಿಕೆ ಇದರ ಒಳಭಾಗವನ್ನು ಕಪ್ಪುಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಅಕ್ಷವು A B ಆದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ 33° ಓರಣದಲ್ಲಿ ಸಮಾನಾಂತರ ವಾಗಿರುವ 20 ಅಥವಾ 30 ತೆಳುವಾದ ಗಾಜಿನ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಂಟಿ ಕೊಂಡಿರುವ ಹಾಗೆ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ.

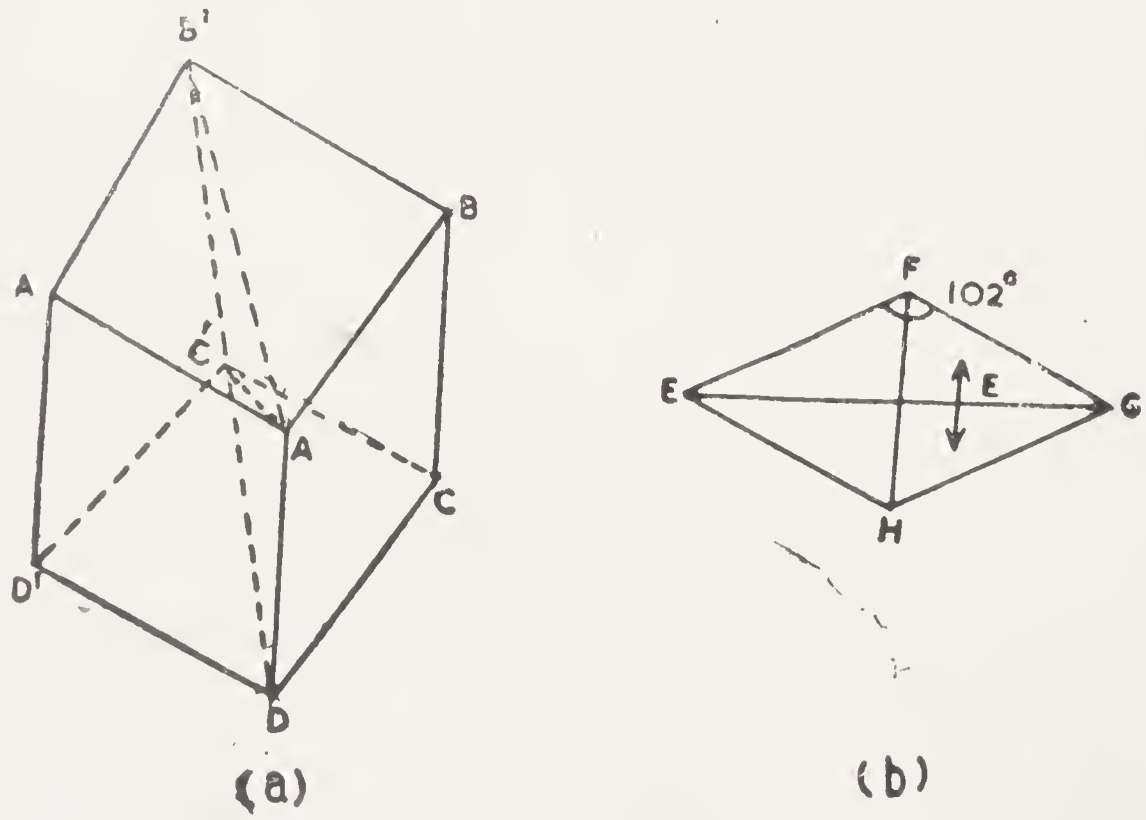
A B ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತುದಿಯಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಈ ಫಲಕಗಳ

ಸಂಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಬೀಳಿಸಿದರೆ, ಕಿರಣಗಳ ಆಪಾತಕೋನವು 57° ಆಗಿದ್ದು ಗಾಜಿನ ಧ್ರುವೀಕಾರಕ ಕೋನಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ–ಈ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ .ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾಗಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕು D E ನೇರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಆಪಾತ ಸಮತಲದ ಲ್ಲಿರುವ ಸ್ಪಂದನಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಫಲಕದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಅಲ್ಪವಾಗಿ ರುವುದರಿಂದ, ಹತ್ತಾರು ಫಲಕಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸುವುದರಿಂದ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ವೃದ್ಧಿ ಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಇಂಥ ಎರಡು ನಾಳಿಕೆಗಳನ್ನಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಒಂದನ್ನು ಧ್ರುವೀಕಾರಕ ವಾಗಿಯೂ ಇನ್ನೊಂದನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಕವಾಗಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು–ಫಲಕಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವ ಬೆಳಕನ್ನು ನಾಳಿಕೆಯ ಒಳ ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೇ ಹೀರುವಂತೆ ಮಾಡಿರು ತ್ತದೆ.

6.5 ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗದಿಂದ ಧ್ರುವೀಕರಣ : ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಮ್

ಸಮಕಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ 'ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ' ಉಪಕರ ಣವು ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳಿನಿಂದ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನಾವು ಮೊದಲು ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಅದರ ಮೂಲಕ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ಹೋಗು ವಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನೂ ಪರಿಚಯ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್‌ಗೆ ಐಸ್‌ಲೆಂಡ್ ಸ್ಪಾರ್ (Ice-land spar) ಎಂದೂ ಹೆಸರು. ಇದು ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಕಾರ್ಬನೇಟಿನ ಒಂದು ಹರಳು ರೂಪ–ಇದು ಆರು ಸಮವಜ್ರಾಕೃತಿ



ಚಿತ್ರ 6.7

ಮುಖಗಳುಳ್ಳ ವಜ್ರಮುಖಿ. (Rhombo-hedron) ಒಂದೊಂದು ಮುಖವೂ ಒಂದು ಸಮಾನಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜವಾಗಿದ್ದು ಇದರ ಕೋನಗಳು 102°, 78° ಆಗಿವೆ. ಇದರ 8 ಮೂಲೆಗಳ ಪ್ರತಿ ಆರರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಧಿಕ ಕೋನಗಳೂ ಒಂದು ಲಘು ಕೋನವೂ ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ. A, C′ ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಎದುರು ಬದರು ಮೂಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಮೂರು ಅಧಿಕ ಕೋನಗಳು ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಮೊಂಡು ಮೂಲೆ (Blunt corners) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಸಮಾನಾಂತರ ಚತುರ್ಭುಜದ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳು ಸಮನಾಗಿದ್ದರೆ ಅದು ಒಂದು ವಜ್ರಾಕೃತಿ (Rhombus) ಯಾಗುತ್ತದೆ.

A, C′ಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ರೇಖೆಯಾಗಲಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಸಮನಾಂತರವಾದ ರೇಖೆಯಾಗಲಿ, ದೃಕ್ ಅಕ್ಷ (Optic axis) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅಕ್ಷವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೇಖೆಯಾಗಿರದೆ, ಒಂದು ದಿಕ್ಕನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಅಕ್ಷಕ್ಕೂ ಅದರ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವ ಮೂರು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಿಗೂ ಕೋನ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದೇ, ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಮಾಡುವ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾಗಿದ್ದು, ದಿಕ್ ಅಕ್ಷದ ಮೂಲಕ ಹೋಗುವ ಯಾವುದೇ ಸಮತಲಕ್ಕೂ ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲ (Principal plane) ಎಂದು ಹೆಸರು ಚಿತ್ರ (6.7)ರಲ್ಲಿ AD′C′D ಅಥವಾ AD′C′B ಯು ಇಂಥ ಸಮತಲ–ಇದರಲ್ಲಿ (ವಜ್ರಾಕೃತಿ) AB,′ AD′ ಅಂಥ ಹ್ರಸ್ವಕರ್ಣ (Shorter diagonal) ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲವಾಗಬಲ್ಲುದು.

ಇಂಥ ಹರಳನ್ನು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ಫಲಕದ ಮೇಲಿಟ್ಟು, ಮೇಲಿನಿಂದ ಆ ರಂಧ್ರವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಎರಡು ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಹರಳನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ ಒಂದು ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿದ್ದು, ಮತ್ತೊಂದು ಅದರ ಸುತ್ತಲು ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಸ್ಥಾಯಿ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಸಾಧಾರಣ (Ordinary) ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೆಂದು ಇನ್ನೊಂದು ಅಸಾಧಾರಣ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವೆಂದೂ (Extraordinary) ಕರೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣ ಮತ್ತು ಅಸಾಧಾರಣ ಕಿರಣಗಳೆಂದು ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಇವುಗಳನ್ನು O ಮತ್ತು E ಕಿರಣಗಳೆಂದು ಸೂಚಿಸಲಾವುದು. ದೃಕ್ ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಒಂದೇ ಒಂದು ಪ್ರತಿಬಿಂಬವು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ O ಮತ್ತು E ಕಿರಣಗಳು ಒಂದೇ ವೇಗದಿಂದ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ. ಮಿಕ್ಕ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗಗಳು ಭಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಎರಡು ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಒಂದನ್ನು (C_1) ಧ್ರುವೀಕಾರಕದಂತೆಯೂ, ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳ

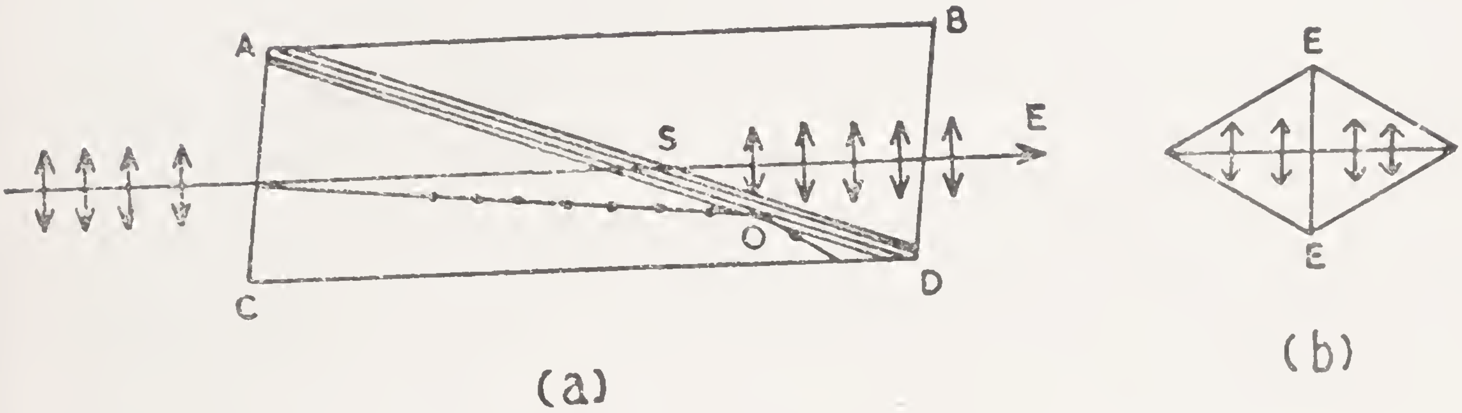
ಕನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಎರಡನೆಯದನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಕವನ್ನಾಗಿ (C_2) ಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಬರುವ ದೃಶ್ಯವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಮೊದಲೇ ಹೇಳಿದಂತೆ, C_1 ಮೂಲಕ ಮಾತ್ರ ಎರಡು (O, E) ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಿರಣಗಳು ರಶ್ಮಿಭಂಗವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು C_2 ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ಮತ್ತೆ ಇವುಗಳೆರಡು ಬಿರಿದು, O_o, O_e, E_o, E_e ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ ಮಾಡಿ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಾಲ್ಕು ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳು ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, C_2 ಹರಳನ್ನು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಪ್ರಕಾಶಗಳು ಏರಿಳಿತಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿ, ಕೆಲವು ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪ್ರತಿಬಿಂಬಗಳು ಮಾತ್ರ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಈ ಪರಿಶೀಲನೆಯಿಂದ ನಮಗೆ ಕಂಡುಬರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, O ಮತ್ತು E ಕಿರಣಗಳು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಸ್ಪಂದನ ಸಮತಲಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ. E ಕಿರಣಗಳ ಸ್ಪಂದನ ಸಮತಲವು ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೂ, O ಕಿರಣಗಳ ಸ್ಪಂದಕ ಸಮತಲವು ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಸುಲಭ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (b) ನಿರೂಪಿಸಿರುವಂತೆ ಹ್ರಸ್ವಕರ್ಣ (F H) ದ ನೇರದಲ್ಲಿ (Shorter Diagonal) E ಸ್ಪಂದನಗಳೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ (E G) ನೇರದಲ್ಲಿ O ಸ್ಪಂದನಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು – ಇದು ಪ್ರಧಾನ ವಿಭಾಗದ ಒಂದು ತುದಿಯ ದೃಶ್ಯ.

ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಮ್

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವ ರೀತಿಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳಿನಿಂದ ಕ್ರಿ. ಶ. 1828ರಲ್ಲಿ W. ನಿಕಲ್ ಬಹಳ ಚಮತ್ಕಾರವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದನು. ಅದಕ್ಕಾಗಿಯೇ ಅದಕ್ಕೆ ಅವನ ಹೆಸರನ್ನೇ ಇಟ್ಟಿದೆ. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ : ಇದರಿಂದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಕಿರಣ ಸಮೂಹವು ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಒಂದು ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳಿನಿಂದ O–E ಎಂಬ ಎರಡು ಕಿರಣ ಸಮೂಹಗಳು ಬರುವುದರಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊಂದಲವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಚಮತ್ಕಾರದಿಂದ ಅವನು ಒಂದು ಹರಳನ್ನು ನಿಯಮಿತ ವಿಧಾನದಿಂದ ಎರಡು ಹೋಳುಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಕ್ಯಾನಡ ಬಾಲ್ಸಮ್ ದ್ರವದ (Canada Balsam) ಲೇಪನವನ್ನು ಮಾಡಿ ಮತ್ತೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದನು. ಇದರಿಂದ, O ಕಿರಣಗಳು ಒಳಗಡೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಂತಃಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ, E ಕಿರಣಗಳು ಮಾತ್ರ ಹೊರಬೀಳುವಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಟೂರ್ಮಲಿನ್ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ O ಕಿರಣಗಳು ಅಂತರ್ಗ್ರಹಣವಾಗಿ E ಮಾತ್ರ ಹೊರಬಿದ್ದರೂ, ಅದರಲ್ಲಿ ವರ್ಣದೋಷವೂ, ಅಲ್ಪ ಪ್ರಕಾಶವೂ ಇರುವುದರಿಂದ ಅಷ್ಟು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿಲ್ಲ.

ಹೀಗಾಗಿ, ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಉಪಕರಣವು ಧ್ರುವೀಕರಣ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ, ಪೋಲರಾಯ್ಡ್ (Polaroid) ಎಂಬ ಸಾಧನವು ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದು ಅದರ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವು ಸ್ವಲ್ಪ ಕುಂದಿದೆ.

ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಉದ್ದ



ಚಿತ್ರ 6.8 ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ

(AB) ವು ಅದರ ಅಗಲದ (AC) ಮೂರರಷ್ಟು ಇರುವಂತೆ ಇರಬೇಕು. A, D ಕೋನಗಳು ವೊಂಡು ಕೋನಗಳಾದರೆ, AD ನೇರದಲ್ಲಿ, A_1D ಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ, ತುದಿ ಮುಖಗಳಿಗೂ ಪ್ರಧಾನ ವಿಭಾಗಕ್ಕೂ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಒಂದು ಸಮತಲದಿಂದ ಹರಳನ್ನು ಎರಡು ಹೋಳುಗಳನ್ನಾಗಿ ಕತ್ತರಿಸಿ, ಒಳ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಪಾಲಿಷ್ ಮಾಡಿ, ಕ್ಯಾನಡ ಬಾಲ್ಸಮ್ ದ್ರವದಲೇಪ ಮಾಡಿ, ಮತ್ತೆ ಎರಡು ಹೋಳುಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಬೇಕು. ಇದೇ ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂನ ರಚನೆ. AC ಮುಖದ ಮೇಲೆ PQ ಎಂಬ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣವು ಆಪಾತವಾದರೆ ಅದು, ಹರಳಿನೊಳಗಡೆ QR, QS ಎಂಬ O, E ಕಿರಣಗಳಾಗಿ ಬೇರೆ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿ ಬಿರಿಯುತ್ತದೆ – ಹರಳಿನ ರಚನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, QR ಕಿರಣವು AD ಯಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾಗುವ ಆಪಾತ ಕೋನವು ಉತ್ಕಟ ಕೋನ (Critical angle) ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ ಈಗ,

O ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳಿನ ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕ $1.658 = \mu_o$

ಕ್ಯಾನಡ ಬಾಲ್ಸಮ್ ದ್ರವದಭಂಗ ಸೂಚಕಾಂಕ $= \mu_B = 1.55$

E ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳಿನ ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕ $= \mu_e = 1.486$

$$\mu_B < \mu_O \qquad (6.5)$$

$\mu_B > \mu_C$ ಆದ್ದರಿಂದ, O ಕಿರಣವು ಹರಳಿನಿಂದ ದ್ರವಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಾಗ ಹರಳು ದೃಕ್ ಸಾಂದ್ರತೆ (Opticaly denser) ಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಉತ್ಕಟ ಕೋನವು ಇರಬೇಕು. ಇದು θ ಆದರೆ,

$$\text{Sin}\ \theta = \frac{\mu_B}{\mu_O} = \frac{1.55}{1.658} \therefore$$

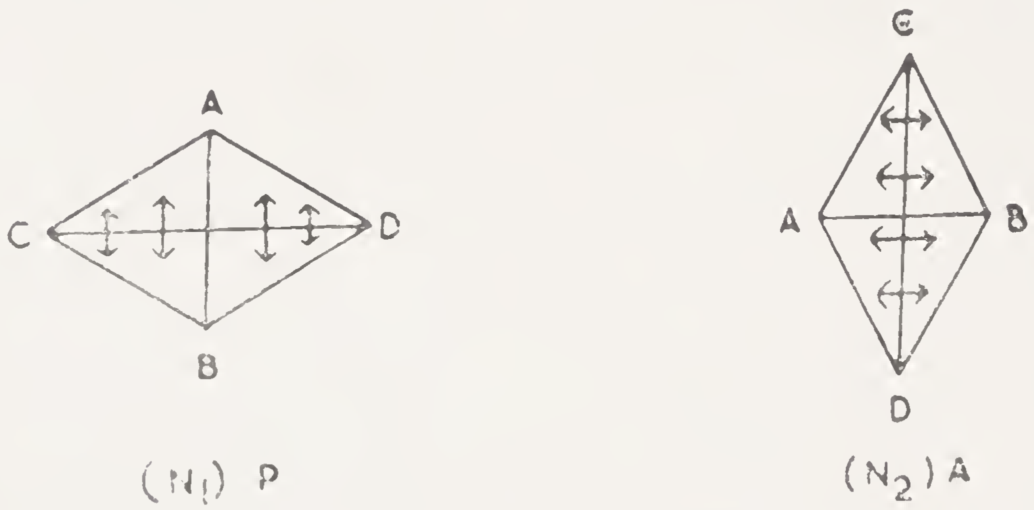
$$\therefore\ \theta = \underline{69^\circ}\ \text{ಆಗುತ್ತದೆ} \qquad (6.5)$$

Q R ಕಿರಣದ ಆಪಾತ ಕೋನವು 69° ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಆ ಕಿರಣವು (O) ಅಂತಃ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದಿ R O ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಹೋಗಿ ಒಳಗಡೆ ಇರುವ ಕಪ್ಪುಭಾಗದಿಂದ ಹೀರಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

Q S ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೋಗುವ E ಕಿರಣವಾದರೋ, ಬಾಲ್ಸಮ್ ದ್ರವದ ಮೂಲಕ ನೇರವಾಗಿ ಹಾಯ್ದು ಮುಂದಕ್ಕೆ S T E ನೇರದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಪ್ರಿಸಂನ ಹೊರಗಡೆ ಬರುವುದು ಧ್ರುವೀಕೃತ E ಕಿರಣ ಮಾತ್ರ – ಇದರ ಕಂಪನ ನೇರವು ಆ ತುದಿಯ ಹ್ರಸ್ವಕರ್ಣ (Shorter diagonal) ಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ O ಕಿರಣವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಂತಃಗ್ರಹಣ ದಿಂದ ನಾಶವಾಗಿ, ಹೊರಬೀಳುವುದು E ಕಿರಣವು ಮಾತ್ರ.

ಈ ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಉತ್ಪನ್ನ



ಚಿತ್ರ 6.9

ಮಾಡಲೂ, ವಿಶ್ಲೇಷಣ ಮಾಡಲೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಈಗ N_1 ಎಂಬ ಪ್ರಿಸಮನ್ನು ಧ್ರುವೀಕಾರಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ (P) ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ಇದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದ ಮೇಲೆ, ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿ ಹೊರ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಇದರ ಕಂಪನ ನೇರವು ಇದರ ತುದಿ ಮುಖದ ಹ್ರಸ್ವಕರ್ಣ A B ನೇರದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದು E ಬೆಳಕು. ಇದನ್ನು ಇದೇ ಮಾದರಿಯ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಿಸಂ N_2 ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಸುತ್ತುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಪ್ರಕಾಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ. ಎರಡರ ಹ್ರಸ್ವಕರ್ಣಗಳು A B, A′ B′, ಸಮಾನಾಂತರವಾದರೆ, ಪೂರ್ಣ ಪ್ರಕಾಶ

90° ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿದರೆ, A B, A′ B′ ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬ ; ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶ

ಈ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಇದನ್ನು ವಿರೋಧ ಸ್ಥಾನ (Crossed position) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಮತ್ತೆ 180° ನಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣ ಪ್ರಕಾಶ, 270°, ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶ, 360° ಪೂರ್ಣ ಪ್ರಕಾಶ ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಕಾಶವು ಏರಿಳಿತಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಪೋಲರಾಯ್ಡ್ (Polaroid)

ಕ್ರಿ. ಶ. 1852 ರಲ್ಲಿ ಹೆರಪಥ್ (Herapath) ಎಂಬ ಬ್ರಿಟಿಷ್ ವೈದ್ಯನು ಕ್ವಿನೀನ್ ಅಯಡೋಸಲ್ಫೇಟ್ ಅಥವಾ ಹೆರಪಥೈಟ್‌ನ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಹರಳು ತುಂಡುಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದನು. ಇವುಗಳ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ, ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ಹಾಯ್ದರೆ, ಎರಡು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಅಂಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ಗ್ರಹಣವಾಗಿ ಮತ್ತೊಂದು ಮಾತ್ರ ಹೊರಬೀಳುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ 'ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ'ನ ಗುಣವೇ ಇದ್ದಂತಾಯಿತು. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕ್ರಿ.ಶ. 1932 ರಲ್ಲಿ 'ಲ್ಯಾಂಡ್' (Land) ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿದ ಒಂದು ವಿಧಾನದಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಹೆರಪಥೈಟ್ ಹರಳಿನ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷಗಳೆಲ್ಲ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆ ಒಂದರ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದನ್ನು ಕೂಡಿಸಿ, ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಹರಳಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಿದನು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ರಾಸಾಯನಿಕ ವಿಧಾನವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದನು. ಹೀಗಾಗಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಹಾಳೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಈ ಸಹಸ್ರಾರು ಕಿರಿ ಹರಳುಗಳೆಲ್ಲ ಹುದುಗಿ, ಅವುಗಳ ಅಕ್ಷಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದ ಹಾಗಾಯಿತು. ನಂತರ ವರ್ತುಲಗಳಂತೆ ಕತ್ತರಿಸಿ ಈ ಬಿಲ್ಲೆಗಳನ್ನು (discs) ಎರಡು ಗಾಜಿನ ಬಿಲ್ಲೆಗಳ ನಡುವೆ ಸ್ಥಾಪಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ತಯಾರಾದ ಬಿಲ್ಲೆಗಳೇ ಪೋಲರಾಯ್ಡ್‌ಗಳು.

ನಿಕಲ್‌ಪ್ರಿಸಂಗಿಂತ ಸರಳ ವಿಧಾನದಿಂದ ತಯಾರಾಗುವುದರಿಂದಲೂ, ಕಡಿಮೆ ಬೆಲೆಯ ದೆಸೆಯಿಂದಲೂ, ಪೋಲರಾಯ್ಡ್‌ಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬಂದಿವೆ. ನಿಕಲ್‌ಪ್ರಿಸಂನಂತೆಯೇ ಇವುಗಳನ್ನೂ ಧ್ರುವೀಕಾರಕ ಮತ್ತು ವಿಶ್ಲೇಷಕಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು.

6.6 ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ತತ್ತ್ವ ವಿವರಣೆ

ಹರಳುಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ಹಾಯುವಾಗ, ಅದು ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕಿರಣಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗವಾಗುವುದಕ್ಕೆ ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗ

ವೆಂದು ಕರೆದಿದ್ದೇವೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಆ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಬೆಳಕುಗಳ ಧ್ರುವೀಕರಣದ ವಿಷಯವು ತಿಳಿಯದಿದ್ದರೂ, ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಅಲೆಗಳ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಸಾಧಾರಣ ಮತ್ತು ಅಸಾಧಾರಣ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿ, ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಿದನು. ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿದರೆ, ಹರಳುಗಳೊಳಗೆ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರವು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

(1) ಆಪಾತ ಅಲೆಮುಖವು ಹರಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುವ ಪ್ರತಿ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಿಂದಲೂ, ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಸಾಧಾರಣ ಕಿರಣಗಳಿಗೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಅಸಾಧಾರಣ ಕಿರಣಗಳಿಗೂ (O & E) ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

(2) O–ಕಿರಣವು ರಶ್ಮಿಭಂಗದ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ.

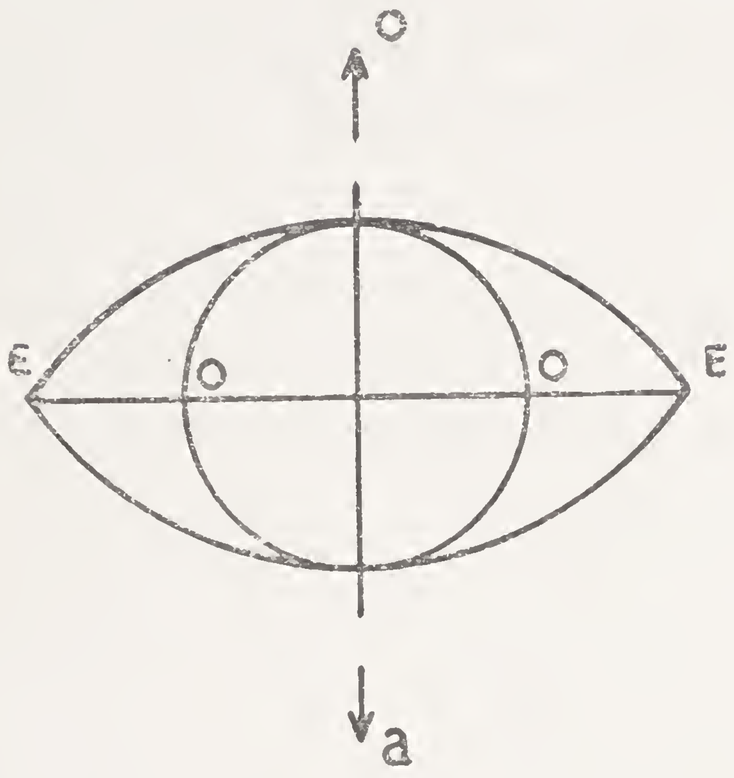
$$ {}_a\mu_m = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{C_a}{C_m} = \frac{\text{ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}}{\text{ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ}} \tag{6 6} $$

ಆದುದರಿಂದ ಈ ಸಂಖ್ಯೆ (μ) ಯು ಪ್ರಸಾರದ ದಿಕ್ಕನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, O–ಅಲೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಗೋಳಾಕಾರವಾಗಿರಬೇಕು. ಗಾಜಿನಂಥ ಸಮರೂಪ ಗುಣಗಳ (isotropic) ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವು ಎಲ್ಲ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ O – ಅಲೆಯ ವೇಗವು ಹರಳಿನೊಳಗೆ ಎಲ್ಲ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

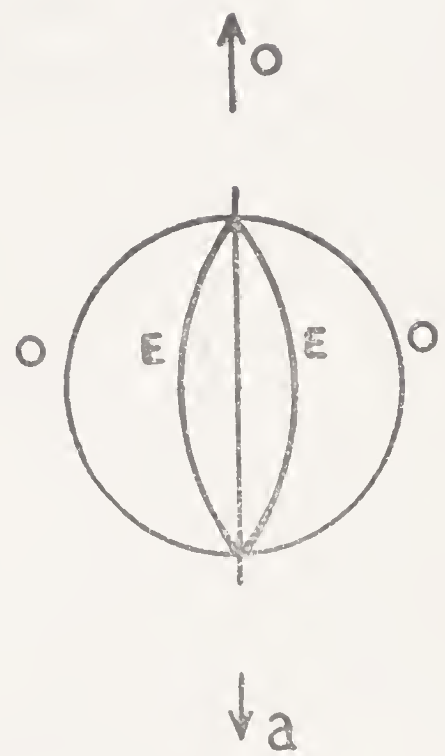
(3) E–ಕಿರಣವು, ಯಾವಾಗಲೂ, ರಶ್ಮಿಭಂಗದ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, ದೃಕ್ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕೋನಗಳ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ವೇಗವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದು, μ_e ವಿನ ಮೌಲ್ಯವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಹೀಗಾಗಿ E–ಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಗೋಳಾಕೃತಿಯಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳು, ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ಪ್ರಕಾರ, ಅಂಡಗೋಳ (Spheroid) ದ ಆಕೃತಿಯಾಗಿರಬೇಕು. ಒಂದು ದೀರ್ಘವೃತ್ತ (ಅಥವಾ ಅಂಡ) ವನ್ನು ಅದರ ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರ (ಮಹಾ ಅಥವಾ ಲಘು) ಸುತ್ತಲೂ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಆಕೃತಿ. ಇದು ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳಾಗಿ, ಮಹಾ ಗೋಳಕಲ್ಪ (prolate) ಅಥವಾ ಲಘು ಗೋಳಕಲ್ಪ–ಇರಬಹುದು.

(4) ಹರಳುಗಳಿಗೆ ಒಂದೇ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷ (uniaxal) ವಿದ್ದರೆ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಭ್ರಮಣ ಅಕ್ಷವೂ, ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಎಳೆದ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

(5) ದೃಕ್ ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ, O ಮತ್ತು E ಅಲೆಗಳ ವೇಗವು ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ನೇರದಲ್ಲಿ ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟ ಮಾಡಲು, ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ಒಂದು ಪ್ರಮೇಯವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. Oಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಕಿರಿ ಅಲೆಯೂ, E-ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಗೋಳಕಲ್ಪಾಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸುವ ದೀರ್ಘವೃತ್ತದ ಭ್ರಮಣ ಅಕ್ಷನೂ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷದ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 6.10



ಚಿತ್ರ 6.10

(6) ಇದನ್ನು ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರ 6.10) ತೋರಿಸಿದೆ. O ಮತ್ತು Eಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಎರಡು ಆಕೃತಿಗಳು ಸಂಧಿಸುವುದು OQ – ದೃಕ್ ಅಕ್ಷ (ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೆ) ಇದರಲ್ಲಿಯೂ, ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳು ಋಣಧ್ರುವ (nagative) ದ ಗುಂಪಿಗೂ, ಬೆಣಚುಶಿಲೆ ಧನ ಧ್ರುವದ ಗುಂಪಿಗೂ (positive) ಸೇರುತ್ತವೆ. ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್‌ನಲ್ಲಿ O ಒಳಗೂ, E ಹೊರಗೂ ಇದ್ದು, ಬೆಣಚಿನಲ್ಲಿ E ಒಳಗೂ, O ಹೊರಗಡೆಯೂ ಇರುತ್ತವೆ.

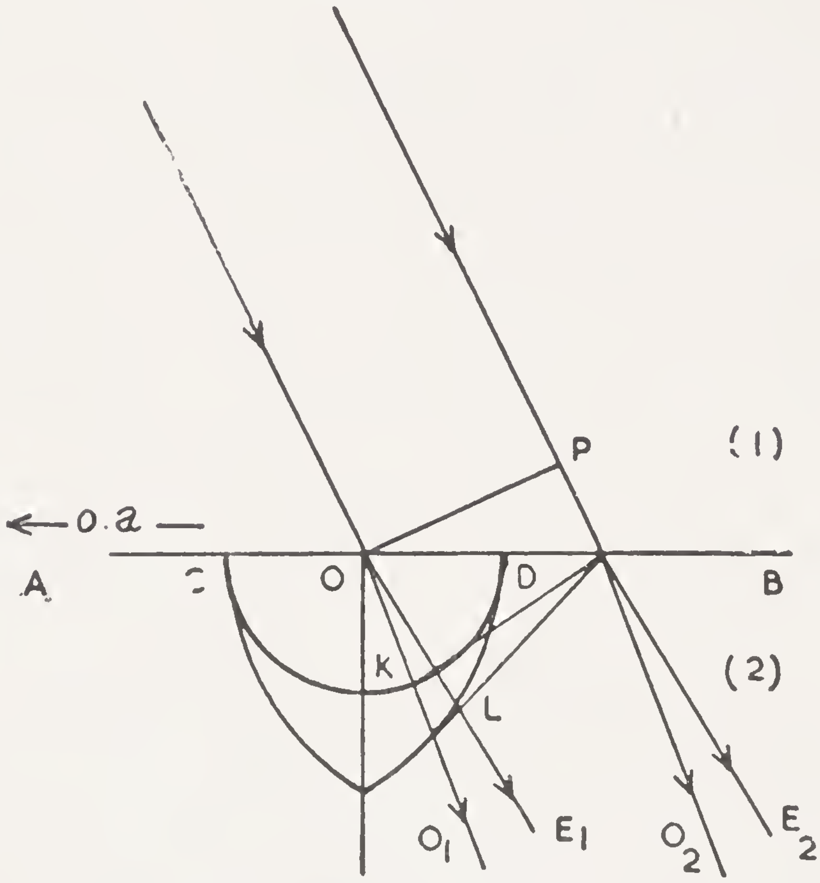
(7) ಋಣ ಮತ್ತು ಧನ ಹರಳುಗಳಿಗೂ ನಡುವೆ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಅವುಗಳ μ_o, μ_e ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳಿಂದಲೂ ಕಾಣಬಹುದು.

	μ_o	μ_e	
ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್	1.658	1.486	$\mu_o > \mu_e$
ಬೆಣಚುಶಿಲೆ	1.644	1.653	$\mu_e > \mu_o$

(8) ಏಕದೃಕ್ ಅಕ್ಷದ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಸಮತಲ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮಾದರಿಗಳು

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಅಂಶಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಹರಳುಗಳೊಳಗೆ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅಲೆ ಮುಖಗಳ ಆಕೃತಿಗಳ ಸ್ವರೂಪದಿಂದ ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

(i) ದೃಕ್ ಅಕ್ಷದ ರಶ್ಮಿಭಂಗದ ಮೇಲ್ಮೈ (Refracting surface) **ಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ಆಪಾತ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವುದು** (in the plane incidence)



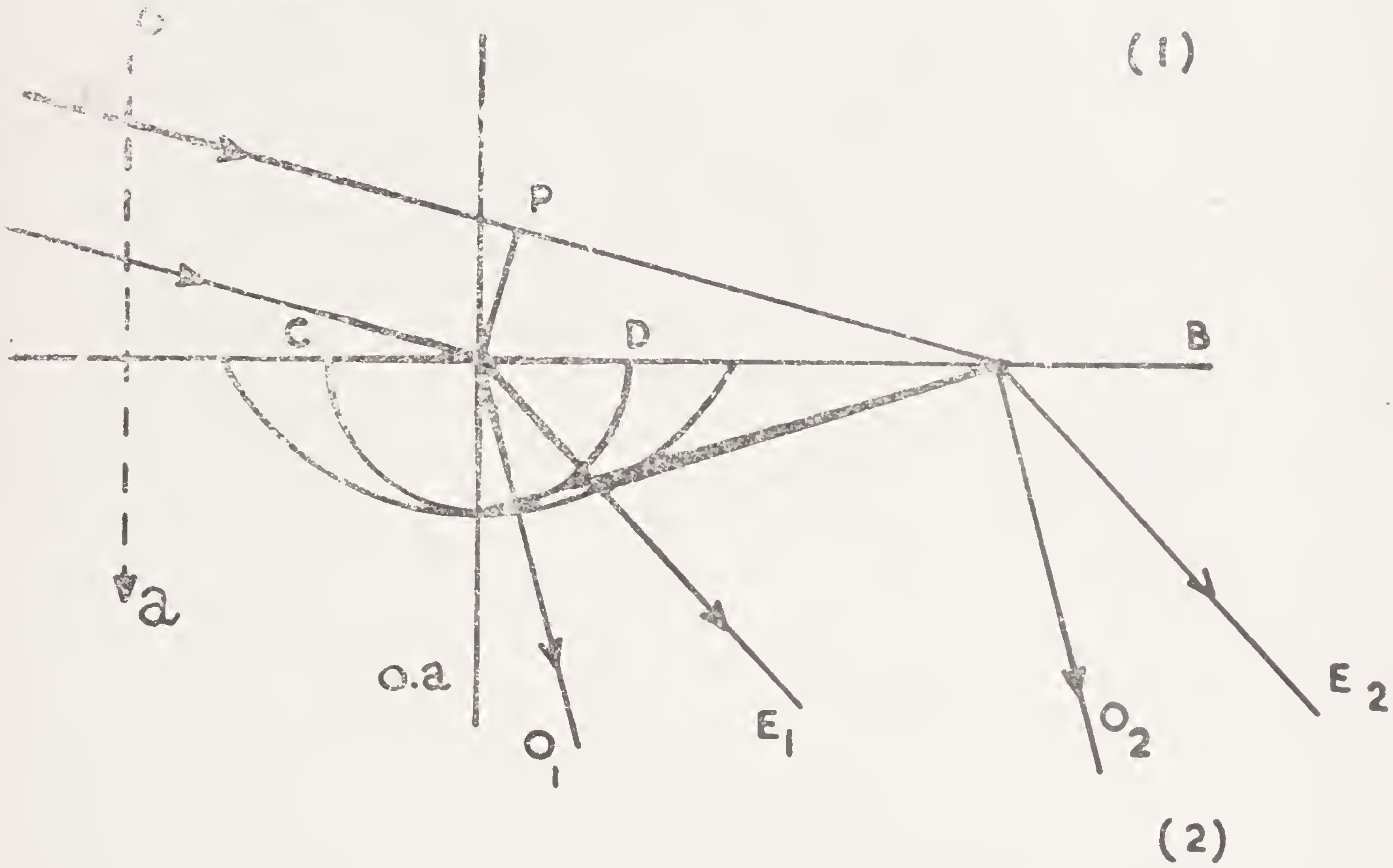
ಚಿತ್ರ 6.11

(i) ಋಣಹರಳು :– (ಧೃಕ್ ಅಕ್ಷವು ಆಪಾತ ಸಮುಕಲದಲ್ಲಿಯೂ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವುದು)

AB ರೇಖೆಯು (ಚಿತ್ರ 6.11) ರಶ್ಮೀಭಂಗಕ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲಿ ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೇ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷವೂ (O-a) ಇರುವುದು–OP ಎಂಬುದು ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರದ ಸಮತಲ ಅಲೆಯ ಮುಖ-p ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಹೊರಟ ಅಲೆಯು ಹರಳನ್ನು O′ನಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ವೇಳೆಗೆ oಮತ್ತು O′ಗಳ ನಡುವಣ ಬಿಂದುಗಳೆಲ್ಲ ದ್ವಿತೀಯ ಕೇಂದ್ರಗಳಾಗಿ, ಅವುಗಳಿಂದ Oಮತ್ತು E–ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು ಹೊರಡುತ್ತವೆ ಇವುಗಳ ವಿಭಾಗಗಳು ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲ

ದಲ್ಲಿ ಅರ್ಧವೃತ್ತ ಮತ್ತು ಅರ್ಧ ದೀರ್ಘವೃತ್ತದ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. O′K ಮತ್ತು O′L ಗಳು ಎರಡು ಅಲೆ ಮುಖಗಳಿಗೂ ಸ್ಪರ್ಶಕ ರೇಖೆಗಳಾದರೆ, OKO_1 ಮತ್ತು OLE_1 ಗಳು O ಮತ್ತು E ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆಯೇ O′ ನಿಂದಲೂ, $O'O_2$ ಮತ್ತು $O'E_2$ ಗಳು ಕಿರಣ ಪಥಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ii) ದೃಕ್ ಅಕ್ಷವು ಆಪಾತ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೂ, ರಶ್ಮಿ ಭಾಗದ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಇರುವುದು.

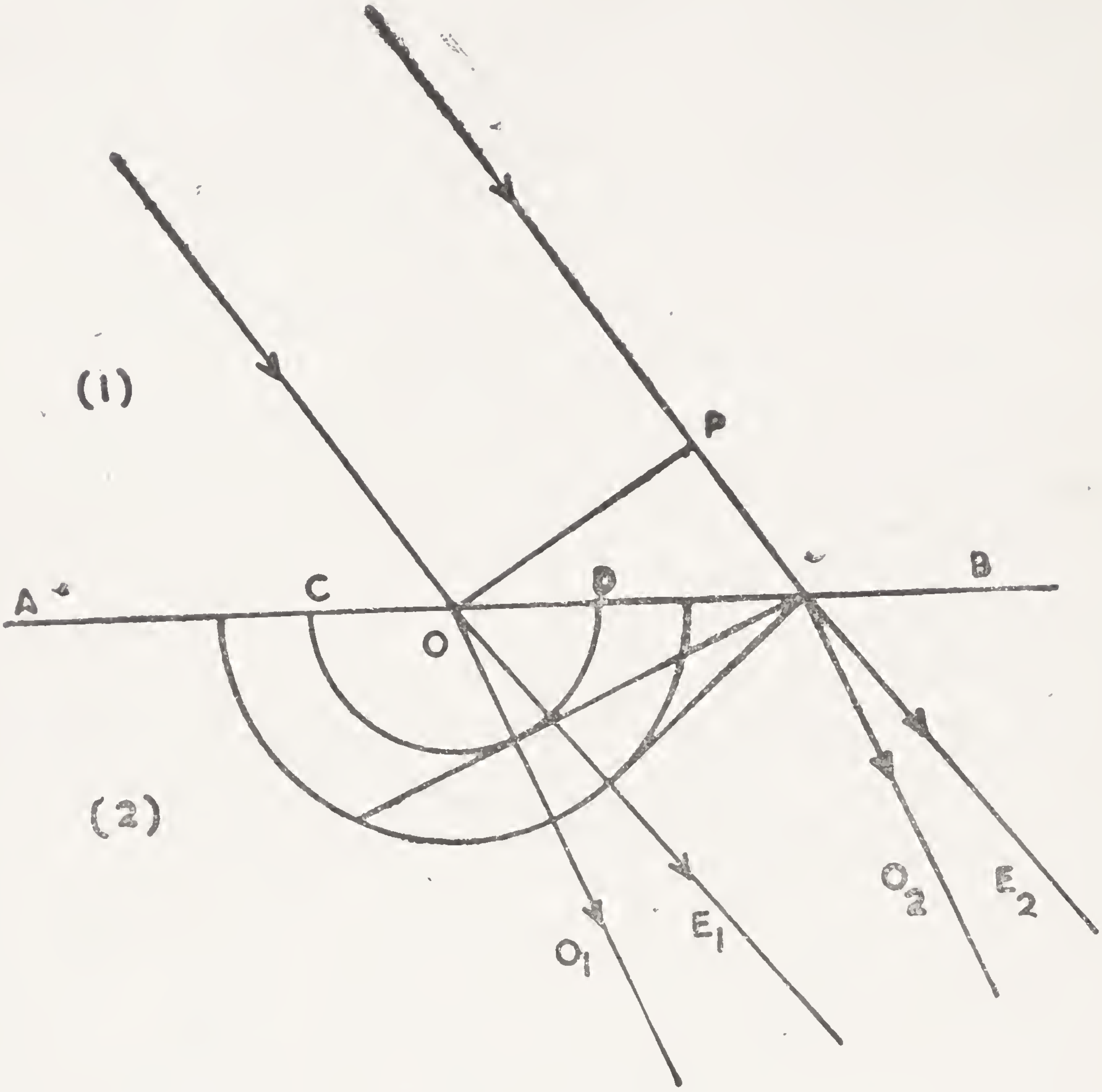


ಚಿತ್ರ 6.12

ಹಿಂದಿನ ಚಿತ್ರಕ್ಕೂ ಇದಕ್ಕೂ (ಚಿತ್ರ 6.12) ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೇನೆಂದರೆ, O ನಿಂದ ಎರಡು ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳು OX ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸಬೇಕು. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ OX ನೇರವು ದೃಕ್ ಅಕ್ಷವಾಗಿದ್ದು AB ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತದೆ. OO_1 ಮತ್ತು OE_1 ರೇಖೆಗಳು O ನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ O ಮತ್ತು E ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳಾಗಿ ಇರುತ್ತದೆ.

iii) ದೃಕ್ ಅಕ್ಷವು ರಶ್ಮಿಭಂಗಕ ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿಯೂ ಆಪಾತ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿಯೂ ಇರುವುದು.

ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರ 6.13) ದೃಕ್ ಅಕ್ಷವು ಆಪಾತ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಅಂದರೆ, ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಆದ ಕಾರಣ, ಚಿತ್ರದ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ O ಮತ್ತು E ಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಎರಡು ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ವಿಭಾಗಗಳು



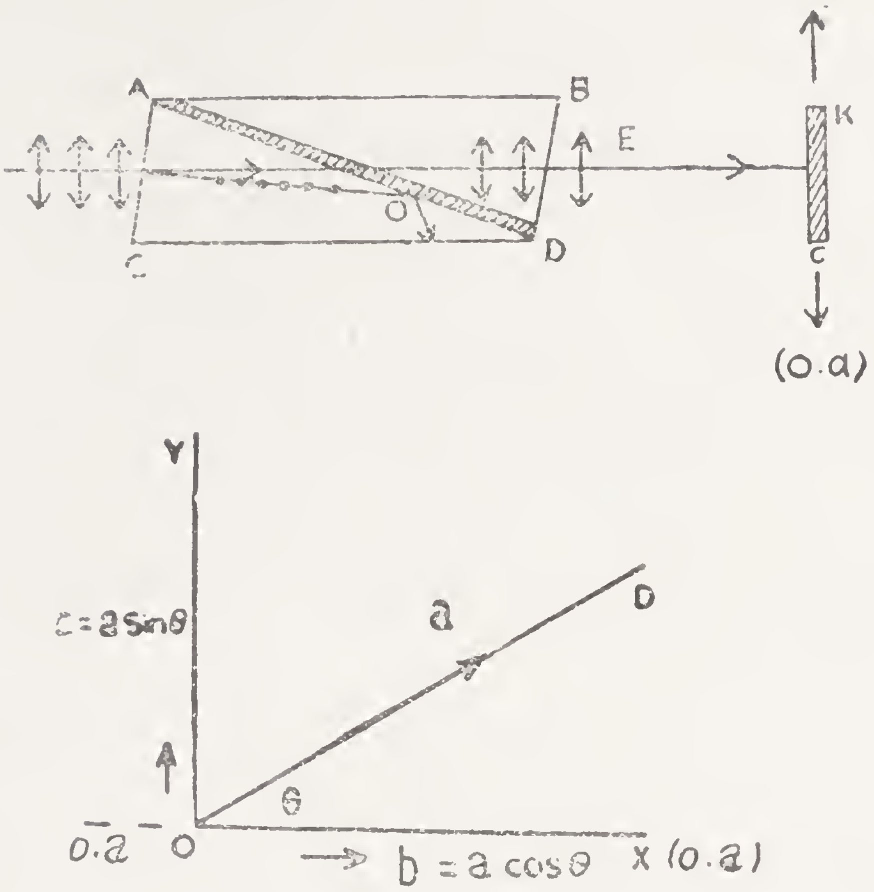
ಚಿತ್ರ 6.13

ಅರ್ಧ ವೃತ್ತಗಳೇ ಆಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಸ್ಪರ್ಶಕವಾಗಿ O¹K ಮತ್ತು O¹L ಗಳಿದ್ದರೆ OKO_1 ಮತ್ತು OLE_1 ಗಳು O— ಮತ್ತು E ಕಿರಣಗಳ ಮಾರ್ಗಗಳ ನೇರ ಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ಈ ಒಂದು ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ, ಎರಡು ಕಿರಣಗಳು ಸ್ನೆಲ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ $\frac{\text{Sin i}}{\text{Sin r}} = \mu$ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅರ್ಥವು ಬಂದಂತಾಗುತ್ತವೆ.– ಈ ಅರ್ಥದಿಂದಲೇ ನಾವು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ, ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್, ಬೆಣಚುಶಿಲೆ ಮುಂತಾದ ಹರಳುಗಳಿಗೆ μ_0 ಮತ್ತು μ_e ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ನಿಗದಿ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ.

6.7 ವಿಲಂಬಕಾರಕ ಫಲಕಗಳು : (Retardation Plates)

P.N ಎಂಬುದು (ಚಿತ್ರ 6.14) ಒಂದು ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಆಗಿರಲಿ. ಇದರ ಮೂಲಕ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಇದು ಸಮತಲ



ಚಿತ್ರ 6.14

ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿದ್ದು, (ಅಸಾಧಾರಣ) E ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಬೆಳಕಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗೆ ಹೊರಬೀಳುವ ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು P ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಕ್ಯಾಲ್ಸೈಟ್ ಅಥವಾ ಜೆಣಚುಶಿಲೆಯ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಕತ್ತರಿಸಿರುವಾಗಲೇ ಅದರ ರಶ್ಮಿಭಂಗಕ ಮೇಲ್ಮೈಯು ಅದರ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ E ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಫಲಕಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಪಾತವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. E ಕಿರಣವು ಹರಳಿನೊಳಗೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತಲೂ, ಅದು ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗದಿಂದ o--e ಕಿರಣಗಳಾಗಿ ವಿಭಾಗವಾಗಿ, ಈ ಕಿರಣಗಳು ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಇದು ದೃಕ್ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ವೇಗಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳೂ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗಿ ಅವುಗಳ ಸ್ಪಂದನ ನೇರಗಳು ಲಂಬವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಚಿತ್ರ (6.14) (b)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, D O ಎಂಬುದು ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನ ನೇರವಾದರೆ, ox, oy ಗಳೂ, ಹರಳಿನ ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, e–o ಅಲೆಗಳ ಸ್ಪಂದನ ನೇರಗಳು ox, oy ಆಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಂಗತ ಚಲನೆಗಳು. ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾದ ಸ್ಪಂದನ ನೇರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಹರಳನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಾಗ, ಈ ಎರಡು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬದಿಕ್ಕಿನ ಸಂಗತ ಚಲನೆಗಳು (Two S.H.M'S in same phase and in prependicular direction) ಒಂದೇ ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಹರಳಿನ ದಪ್ಪವು 't' ಆದರೆ, ಈ ಎರಡು ಅಲೆಗಳ ವೇಗಗಳು ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಹರಳಿನ ಮತ್ತೊಂದು ಅಂಚನ್ನು ತಲುಪುವಾಗ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ, ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಏರ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇವುಗಳು ಹೊರಬೀಳುವಾಗ, ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಪಂದನ ಮಾಡುವ ಸಂಗತ ಚಲನೆಗಳಲ್ಲಿ ನೆಲೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಅದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಂಡಾಕೃತಿಯ ಚಲನೆಯ ಮಾದರಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ದೀರ್ಘವೃತ್ತ (Elliptic) ದಲ್ಲಿ ಚಲನೆ ಮಾಡುವ ಮಾದರಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಈ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ, ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಅಂಡಾಕೃತಿ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವು O–E ಅಲೆಗಳು ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ವಿವಿಧ ವೇಗಗಳಿಂದ ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕಾಲ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಅಥವಾ ವಿಲಂಬವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿದಂತೆ ಆಯಿತು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಈ ಹರಳಿನ ಫಲಕವನ್ನು ವಿಲಂಬಕಾರಕ ಫಲಕವೆಂದು (Retarding plate) ಹೆಸರು.

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸಲು ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಬಹುದು.

ಇವಕ್ಕೆ ಚಿತ್ರ [(b) (6–14)] ವನ್ನು ಪರಿಶಿಲಿಸೋಣ.

O D –– ಆಪಾತ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನ ನೇರ–ಸ್ಪಂದನಗಳ ಕಂಪನವೈಶಾಲ್ಯ = a.

O X –– ಹರಳಿನ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷ

O Y — O X ಗೆ ಲಂಬದ ಅಕ್ಷ.

$DOX = \theta$

OX ನೇರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ (e) ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನವೈಶಾಲ್ಯ = b

OY ,, (o) ,, = c

$$b = a \cos \theta$$

$$c = a \sin \theta \qquad (6.8)$$

ಅಂದರೆ, O X ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಂಗತ ಚಲನೆಯ ಸೂತ್ರವು, ಹಾಗೂ, O Y ನೇರದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸೂತ್ರವು

$$x = b \sin wt \quad \frac{x}{b} = \sin wt$$

$$y = c \sin (wt + \delta) \quad \frac{y}{c} = \sin wt \cos \delta + \cos wt \sin \delta \qquad (6.9)$$

δ = ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ t cms ದೂರದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸ್ಪಂದನಗಳು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿ ರುವ ಎರಡು ಚಲನಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದರಿಂದ ಬರುತ್ತವೆ.

ಇವುಗಳನ್ನು ಗಣಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿದರೆ,

$$\frac{x^2}{b^2} - \frac{2\,xy}{bc} \cos \delta + \frac{y^2}{c^2} = \sin^2 \delta \qquad (6.10)$$

ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಅಂಡಾಕೃತಿ (ellipse) ಯ ಸೂತ್ರವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(i) ಈಗ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

$$\delta = \frac{\pi}{2} \;;\; \frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{c^2} = 1 \qquad (6.11)$$

ಅಂದರೆ, ಇದು ಒಂದು ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತವಾಗಿ ಅದರ ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷಗಳು, OX, O Y ಗಳ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ.

o – e ಅಲೆಗಳ ಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕಗಳು μ_o, μ_e ಆಗಿರಲಿ.

ಹರಳಿನ ದಪ್ಪವು t ಆದರೆ,

ಎರಡು ಅಲೆಗಳ ಪಥವ್ಯತ್ಯಾಸವು $(\mu_o \sim \mu_e)\, t$

λ = ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರವಾದರೆ,

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (\mu_o \sim \mu_e)\, t \qquad (6.12)$$

$\delta = \frac{\pi}{2}$ ಆದರೆ, $\frac{2\pi}{\lambda} (\mu_o \sim \mu_e)\, t = \frac{\pi}{2}$

$$\therefore\; t = \frac{\lambda}{4\,(\mu_o \sim \mu_e)} \qquad (6.13)$$

ಕಾಲ್ಸೈಟ್ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ $\mu_o > \mu_e$ ಬೆಣಚಿನಲ್ಲಿ $\mu_o > \mu_e$

ಹರಳಿನ ದಪ್ಪ (t) ವು O – e ಅಲೆಗಳ ನಡುವೆ $\frac{\pi}{2}$ ನೆಲೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಿದರೆ ಅದನ್ನು ಕಾಲು – ಅಲೆ ಫಲಕ (Quarter wave ($\lambda/4$) plate)

(ii) ಫಲಕದ ದಪ್ಪವು t′ ಆಗಿದ್ದು, ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು π ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\delta = \pi = \frac{2\pi}{\lambda} t' (\mu_o \sim \mu_e)$$

$$\underline{\underline{t'}} = \frac{\lambda}{2(\mu_o \sim \mu_e)} \quad \left[t' = 2t \right] \qquad (6.14)$$

ಈ ದಪ್ಪದ ಹರಳನ್ನು ಅರ್ಧ – ಅಲೆ ಫಲಕ (Half wave plate) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷವೇನೆಂದರೆ, ಈ ಬೆಳಕು ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ δ = π ಆದರೆ, ಮೂಲಸೂತ್ರವು

$$\frac{x^2}{b^2} - \frac{2xy}{bc} + \frac{y^2}{c^2} = 0 \qquad (6.14)$$

$$\left(\frac{x}{b} - y/_c\right)^2 = 0 \quad \underline{y = \frac{x}{b} c}$$ ಆಗಿ, ಇದು ಸರಳ ರೇಖೆಯ ಸೂತ್ರವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಓರಣವು α ಆದರೆ $\tan \alpha = c/_b$

(iii) ಮತ್ತೊಂದು ವಿಶೇಷವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು.

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಂಡಾಕೃತಿಯ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಕ್ಷಗಳು ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣವಾದರೆ (b = c) ಅದು ಒಂದು ವೃತ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ

$$b = a \cos \theta$$
$$c = a \sin \theta$$
$$\because b = c \qquad \underline{\theta = 45^\circ} \qquad (6.15)$$

ಅಂದರೆ, D O ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರ (6-14) ರೇಖೆಯು ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನ ನೇರ O X ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಅಥವಾ ಹರಳಿನ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ 45° ಓರಣ ದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಹರಳಿನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳು ವರ್ತುಲ ಧ್ರುವೀಕರಣ (Circular Polarisation) ಬೆಳಕಿನಂತೆ ವರ್ಣಿಸಬೇಕು.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು ಒಂದು ಹರಳಿಗೆ (ದೃಕ್ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಕತ್ತರಿಸಿದ್ದರೆ) ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಬಿದ್ದು, ಅದು ಒಂದು ಕಾಲು – ಅಲೆ – ಫಲಕದ ದಪ್ಪವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ,

1. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕು <u>ಅಂಡಾಕೃತಿ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿರುತ್ತದೆ.</u> [$\theta \neq 0, 45^\circ, 90^\circ$]
2. ಮೂಲಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನ ನೇರಕ್ಕೂ ಹರಳಿನ ಅಕ್ಷಕ್ಕೂ ನಡುವೆ 45° ಕೋನವಿರುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ವೃತ್ತೀಯ ಧ್ರುವೀ

ಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು.

3. ಬೆಣಚು ಶಿಲೆಯ ಹರಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಕಾಲು –ಅಲೆ – ದಪ್ಪವನ್ನು (ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣ) $\lambda = 5893\ A^\circ$ (ಸೋಡಿಯಂ ಬೆಳಕಿಗೆ) ಆದಾಗ

$$t = \frac{\lambda}{4(\mu_e \sim \mu_0)} \qquad (6.13)$$

$\lambda = 5.893 \times 10^{-5}$ ಸೆಂ.ಮೀ.

$\mu_e = 1.653$

$\mu_0 = 1.644$

$$\therefore\ t = \frac{5.893 \times 10^{-5}}{4 \times .009} = 0.00164 \text{ ಸೆಂ.ಮೀ.} \qquad (6.16)$$

ಅರ್ಧ – ಅಲೆ – ಫಲಕದ ದಪ್ಪವು

$$t' = 2t = ('0033) \text{ ಸೆಂ. ಮೀ.} \qquad (6.17)$$

't'ಯ ಪ್ರಮಾಣವು λ ಮತ್ತು $\mu_0\ \mu_e$ ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

6.8 ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳ (ಧ್ರುವೀಕೃತ ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯ) ಉತ್ಪಾದನೆ ಮತ್ತು ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ

(Production and analysis (or detection) of different kinds of polarised & ordinary light)

ಇದುವರೆವಿಗೂ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಮತ್ತು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನೂ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ್ದಾಗಿದೆ. ಈಗ, ಈ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ನಮಗೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಬೆಳಕನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ಅದರ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೂಪವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

A. ಉತ್ಪಾದನೆ

(i) ಸಾಮಾನ್ಯ ಅಥವಾ ಅಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು.

(ii) ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಅಥವಾ ಪೋಲರಾಯ್ಡ್

ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗಿರುತ್ತದೆ (ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂನಲ್ಲಿ ಇದು E - ಬೆಳಕಾಗಿ, ಅದರ ಸ್ಪಂದನ ಸಮತಲವು ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(iii) ಅಂಡಾಕೃತಿಯ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು

ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ಕಾಲು – ಅಲೆ ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ (ದೃಕ್ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಆಪಾತವಾದಾಗ) ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ನಮಗೆ ಬರುವ ಬೆಳಕು ಅಂಡಾಕೃತಿಯ ಧ್ರುವೀಕರಣ ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

(iv) ವರ್ತುಲ ಆಕೃತಿಯ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು

ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಒಂದು ಕಾಲು–ಅಲೆ–ಫಲಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನ ನೇರವೂ, ಹರಳಿನ ಅಕ್ಷವೂ 45° ಕೋನದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ನಮಗೆ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ವರ್ತುಲ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ನಾಲ್ಕು ವಿಧಗಳೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿರದೆ ಪಾರ್ಶ್ವತಃ ಅಧ್ರುವೀಕೃತ ಅಥವಾ ಪಾರ್ಶ್ವತಃ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿಯಾಗಲಿ (Partially polarised light) ಅವುಗಳ ಮಿಶ್ರರೂಪದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ಇರಬಹುದು.

B. ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ವಿಧಾನ

ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ನಾವು ವಿಶ್ಲೇಷಣಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಪಕರಣಗಳು ಒಂದು ನಿಕಲ್‌ಪ್ರಿಸಂ (ಅಥವಾ ಪೋಲರಾಯ್ಡ್) ಮತ್ತು ಕಾಲು–ಅಲೆ–ಫಲಕ–I ನಾವು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕೆಂದಿರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳು, ಪ್ರಿಸಂನ ಒಂದು ಪೂರ್ಣ ಭ್ರಮಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳ ಸ್ವರೂಪದಿಂದ ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮೀಕ್ಷೆಯು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇರಬಹುದು.

(a) ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಅನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಒಂದು ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಾರಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶವಿರಬಹುದು. ಹೀಗಾದರೆ, ಮೂಲ ಬೆಳಕು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗಿದ್ದಿರ ಬೇಕು.

(b) ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಬದಲಾಗದೇನೇಹೋದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳಿರಬಹುದು. ಮೂಲ ಬೆಳಕು ಸಾಮಾನ್ಯ (I) ಅಧ್ರುವೀಕೃತ

ಬೆಳಕಾಗಿಯೂ ಇರಬಹುದು. ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, (II) ವರ್ತುಲಾಕೃತಿ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿರಬಹುದು. ಇವುಗಳೆರಡರಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಯಾವ ರೂಪವೆಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

(c) ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂನ ಮೂಲಕ ಮೂಲ ಬೆಳಕನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಹಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕಾಲು–ಅಲೆ–ಫಲಕವನ್ನು ಇಟ್ಟು, ನಂತರ ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಅನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಬೇಕು. ಈಗಲೂ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಇಲ್ಲದೇ ಇದ್ದರೆ, ಅದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕಾಗಿದ್ದಿರಬೇಕು. ಹಾಗಿಲ್ಲದೆ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ವ್ಯತ್ಯಾಸಹೊಂದಿ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶವೂ ಉಂಟಾದರೆ, ಮೂಲ ಬೆಳಕು ವರ್ತುಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿದ್ದಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಅದು ವರ್ತುಲ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಕಾಲು–ಅಲೆ–ಫಲಕವು ಅದರ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಿಂದ O–E ಬೆಳಕುಗಳ ನಡುವೆ ಇದ್ದೇಇರುವ ನೆಲೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ $\frac{\pi}{2}$ ಜೊತೆಗೆ ಮತ್ತೊಂದು $\frac{\pi}{2}$ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಉಂಟಾಗಿ, ಮೊತ್ತ ನೆಲೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು O ಅಥವಾ π ಆಗಿ ಅದು ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟು ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶವು ಉಂಟಾಗುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ.

(d) ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಮೂಲಕ ಮೂಲ ಬೆಳಕನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಶೂನ್ಯವಾಗದೆ, ಒಂದು ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಮತ್ತು ಕನಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯಗಳ ನಡುವೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವು ಹೀಗಿರಬೇಕು. ಮೂಲ ಬೆಳಕು (i) ಪಾರ್ಶ್ವತಃ (Partially) ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗಿಯೋ (ii) ಅಂಡಾಕೃತಿಯ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗಿಯೋ ಇದ್ದಿರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಮೂಲ ಬೆಳಕಿಗೂ ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂಗೂ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕಾಲು–ಅಲೆ–ಫಲಕವನ್ನು

(e) ಇಟ್ಟು ನಂತರ ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಅನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಭ್ರಮಣದಿಂದ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶವು ಏರ್ಪಟ್ಟರೆ, ಅದು ಅಂಡಾಕೃತಿಯ ಧ್ರುವೀಕೃತ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಹೀಗಾಗದೆ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಆಗದಿದ್ದರೆ,

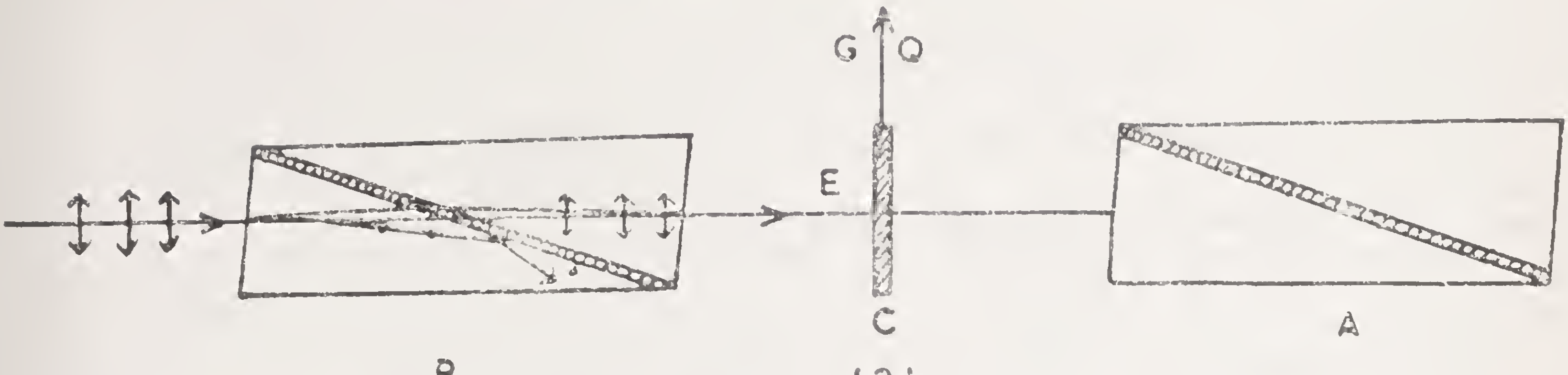
ಅದು ಪಾರ್ಶ್ವತಃ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಾಗಿಯೇ ಇದ್ದಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವು B – ನಲ್ಲಿ ವಿಶದಪಡಿಸಿದಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ಬೆಳಕಿನ ರೂಪಗಳನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ, ನಿರ್ದೇಶನ ಮಾಡಬಹುದು.

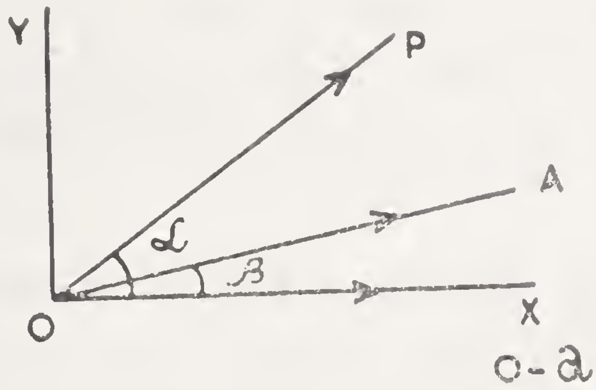
6.9. ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣ
(Interference of Polarised Light)

ಎರಡು ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂಗಳನ್ನು (P ಮತ್ತು A) ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಮೂಲ ಬೆಳಕನ್ನು ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, P ನಿಂದ ಬಂದ ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು A (ವಿಶ್ಲೇಷಕ)ದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, P ಮತ್ತು A ಗಳ ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲಗಳು ಲಂಬವಾಗಿದ್ದಾಗ, A ನಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಮಾಣವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇದನ್ನು ವಿರೋಧ ಸ್ಥಾನಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. (Crossed Position). ಹೀಗಿರುವಾಗ P, A ಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಹರಳನ್ನು – ಇದು ಮೈಕಾವಾಗಿರಬಹುದು – ಇಟ್ಟರೆ, ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು A ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಅದು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. P ಪ್ರಿಸಂ ಇಂದ ಬರುವ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು ಹರಳಿನ ಫಲಕಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರಬೇಕು. ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಹರಳನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಅದರ ಅಕ್ಷಕ್ಕೂ ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನ ನೇರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಕೋನವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಕೆಲವು ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶವೂ, ಮತ್ತೆ ಕೆಲವೆಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶವೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಈ ಭ್ರಮಣದಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಣ್ಣಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಈ ಸಂಭವಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಹರಳಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ವ್ಯತಿಕರಣ (Interference) ವಾಗುವುದು. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ, ವ್ಯತಿಕರಣವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಎರಡು ಸಂಸಕ್ತ ಅಲೆಗಳ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಆಗಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿಸಿದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಹರಳಿನಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಎರಡು ಅಲೆಗಳ (O – E) ಸ್ಪಂದನ ನೇರಗಳು ಅದರ ಎರಡು ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ಅಲೆಗಳು ವ್ಯತಿಕರಣವಾಗುವ ಹಾಗಿಲ್ಲ, ಆದರೆ, ಈ ಎರಡು ಅಲೆಗಳೂ A ಪ್ರಿಸಂನ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಆ ಎರಡು ಸ್ಪಂದನಗಳು ಪ್ರಿಸಂನ ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಅಂಗಗಳನ್ನು (Components) ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಒಂದೇ ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ವ್ಯತಿಕರಣವಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವೇ ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ದೃಶದ ಕಾರಣ.



(a)



(b)

ಚಿತ್ರ 6. 15

O P ನೇರವು ಚಿತ್ರ 6. 15 (b) P ಪ್ರಿಸಂದಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ಪಂದನ ನೇರ. O A ನೇರವು 'A' ಪ್ರಿಸಮಿನ ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲದ ನೇರ. OX, OY ಗಳೂ ಹರಳಿನ ಎರಡು ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷಗಳು O P ನೇರದ ಸ್ಪಂದನದ ಅಂಗಗಳನ್ನು OX, OY ನೇರದಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಇವುಗಳ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಮತ್ತೆ A ಪ್ರಿಸಮಿನ O A ನೇರಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, A ನಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು (I) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು

ಈ ಕೊನೆಯ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಮಾತ್ರ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

P ಮತ್ತು A ಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವಾಗ $\alpha = \beta$

(i) $I_p = a^2(1 - \mathrm{Sin}^2 2\alpha \cdot \mathrm{Sin}^2 1/_2 \delta)$ (6.18)

ಇಲ್ಲಿ a = ಮೂಲಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ

δ = ಹರಳಿನ ದಪ್ಪಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವ O-E ಗಳ ನಡುವಣ ನೆಲೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ.

$\alpha = \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}\ldots\ldots$ ಆದರೆ $I_p = a^2 \cos^2 \frac{1}{2}\delta$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಕನಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯ $\delta = \pi, 3\pi$ ಆದರೆ ಮಾತ್ರ $I_p = 0$ ಆಗುತ್ತದೆ. (6.19)

(ii) P ಮತ್ತು A ಗಳು ವಿರೋಧ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿದ್ದರೆ $\alpha - \beta = \pi/_2$

$$I_n = a^2(\mathrm{Sin}^2 2\alpha . \mathrm{Sin}^2 \tfrac{1}{2}\delta)$$

$\delta = 2\pi, 4\pi....$ ಆದರೆ, $I_n = 0$ ಆಗುತ್ತದೆ. (6.20)

ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಮೌಲ್ಯವಿರುತ್ತದೆ.

ಆಗ, $I_p + I_n = a^2$ (6.21)

ಅಂದರೆ, ಈ ಎರಡು ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಮೊತ್ತವು ಒಂದೇ.

$\alpha = 0, \frac{\pi}{2}$......ಆದರೆ,	$\alpha = \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}$....ಆದರೆ
$I_n = 0.$	I_n (ಅತ್ಯುಚ್ಚವಾಗುತ್ತದೆ)

$$= a^2 \mathrm{Sin}^2 \tfrac{1}{2}\delta \quad (6.22)$$

ಬಿಳೀ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ತರಂಗಾಂತರಗಳಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ δ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅದ್ದರಿಂದ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತರಂಗದ ಅಲೆಗಳ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶವಾದರೆ, ಉಳಿದ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಪ್ರಕಾಶವಿದ್ದು ಒಟ್ಟನಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುವುದು ಯಾವುದೋ ಬಣ್ಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಆದುದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, α, δ ಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ನಮಗೆ ತೋರುವ ದೃಶ್ಯದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಬಣ್ಣಗಳು ಕಾಣಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಬಣ್ಣಗಳು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಪೂರಕಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. Complementary)

6.10 ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಸಮತಲದ ಭ್ರಮಣ

(Rotation of the plane of polarisation)

ಒಂದೇ ತರಂಗ ದೂರದ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಹೊರಡಿಸುವ ಒಂದು ದೀಪದಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಒಂದು (P) ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು (A) ಪ್ರಿಸಂನ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿ, Aಯನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋದರೆ ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿರೋಧ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವಾಗ P, A ಗಳ ನಡುವೆ ದೃಕ್ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಕತ್ತರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಬೆಣಚು ಶಿಲೆಯ ಫಲಕವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ ಮತ್ತೆ ಬೆಳಕು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, A ಪ್ರಿಸಮನ್ನು ಎಡಕ್ಕೋ ಬಲಕ್ಕೋ ಸ್ವಲ್ಪ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶದ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಸ್ಥಿತಿ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿ ಅದರ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದವರಲ್ಲಿ ಅರಗೋ, ಬಯೋ (Arago Biot) ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರಮುಖರು. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಬೆಣಚು ಶಿಲೆಗೆ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಸಮತಲವನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿ (Rotating

the plane of polarisation) ಇದೆ. ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ A ಪ್ರಿಸಮನ್ನು ಯಾವ ಕೋನದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತೆ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆಯೋ ಅದೇ (θ), ಭ್ರಮಣಕೋನ.

ಇದೇ ವಿಧವಾದ ಗುಣವನ್ನು ಸೋಡಿಯಂ ಕ್ಲೋರೇಟ್, ಟಾರ್ ಟಾರಿಕ್ ಆಮ್ಲ, ಶರ್ಕರದ್ರಾವಣ ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಹಲವು ದ್ರಾವಣಗಳೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ದ್ಯುತೀಯ ಚಟುವಟಿಕೆಯುಳ್ಳ (optically active) ಪದಾರ್ಥ ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಈ ಭ್ರಮಣ ಕೋನದ ಪ್ರಮಾಣವು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವನ್ನೂ ವಸ್ತು ಅಥವಾ ದ್ರಾವಣದ ರಚನೆಯನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ನಿಯಮುಗಳು ಹೀಗೆ ಇವೆ:

1. ಭ್ರಮಣಕೋನದ ಪ್ರಮಾಣ ವಸ್ತುವಿನ ದಪ್ಪ ಅಥವಾ ದ್ರಾವಣದ ಸ್ಥಂಭದ (column) ಉದ್ದವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.
2. ದ್ರಾವಣದ ಸಾಂದ್ರತೆ (ಗ್ರಾಂ/ಘ.ಸ.ಸೆಂ.ಮೀ.) ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ಭ್ರಮಣಕೋನವು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.
3. λ ಎಂಬುದು ತರಂಗಾಂತರವಾದರೆ, $\theta \propto \dfrac{1}{\lambda^2}$
4. ಕೋನದ ಪ್ರಮಾಣವು ತಾಪಮಟ್ಟ (Temperature) ವನ್ನು ಅವ ಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ,

$$\theta \propto \frac{l\,c}{\lambda^2} \text{ (ತಾಪಮಟ್ಟವು ಒಂದೇ ಆದರೆ)} \qquad (6.23)$$

ಅಥವಾ λ ಬದಲಾಗದಿದ್ದರೆ $\theta \propto l\,c$

ಇದನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ $\theta = S\dfrac{l\,c}{10}$ ಎಂದು ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ. (6.24)

l = ದ್ರಾವಣದ ಉದ್ದ c = ಸಾಂದ್ರತೆ $\left(\dfrac{\text{ಗ್ರಾಂ}}{\text{ಘನ.ಸೆಂ.ಮೀ.}}\right)$

S = ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭ್ರಮಣ Specific Rotation)

ಆದುದರಿಂದ ಒಂದು ದ್ರಾವಣದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭ್ರಮಣ (S) ವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾದರೆ,

$$S = \frac{10\,\theta}{l\,c} \qquad (6.25)$$

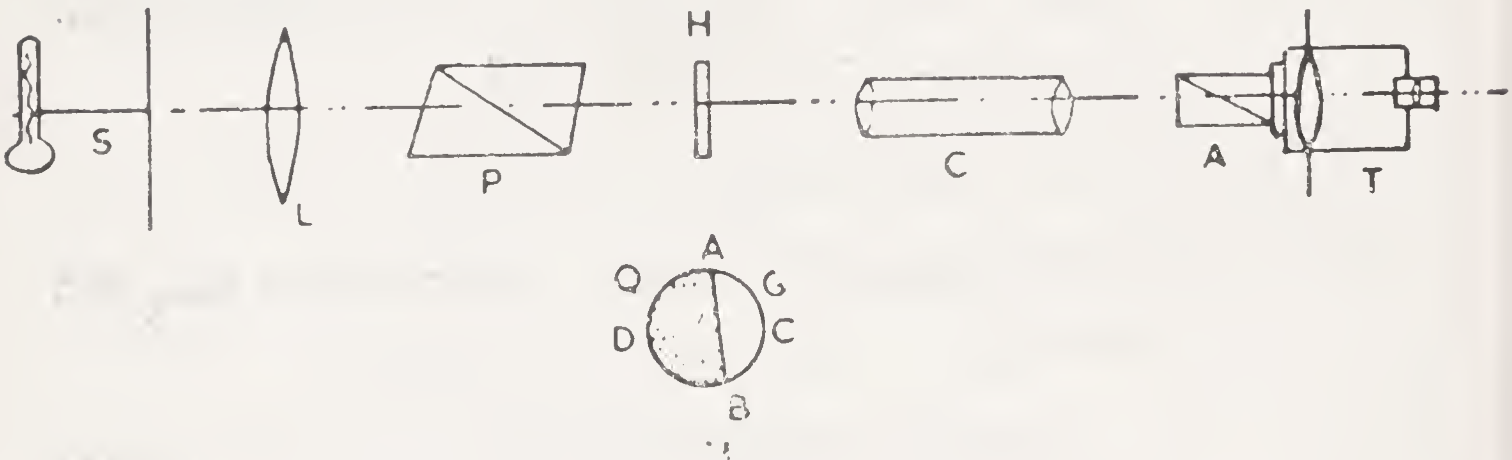
$l = 10$ ಸೆಂ.ಮೀ. $c = 1$ ಗ್ರಾಂ/ಘನ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಆದರೆ, $S = \theta$

1 ಗ್ರಾಂ/ಘನ.ಸೆಂ.ಮೀ. ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ದ್ರಾವಣದ 10 ಸೆಂ.ಮೀ. ಉದ್ದದ ಸ್ಥಂಭವು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಭ್ರಮಣಕೋನವೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭ್ರಮಣಕೋನ (S) ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಧ್ರುವೀಕರಣ ಮಾಪಕ (Polarimeter) ಲಾರೆಂಟ್‌ನ ಅರ್ಧಛಾಯೆ (Laurent's Half-Shade Polarimeter)

ದ್ಯುತೀಯ ಚಟುವಟಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ದ್ರಾವಣ (ಶರ್ಕರ ದ್ರಾವಣ) ದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಭ್ರಮಣವನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಲಾರಂಟ್‌ನ ಧ್ರುವೀಕರಣ ಮಾಪಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದರ ವಿಶೇಷ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯು ಅರ್ಧ ಛಾಯೆಯ ಗುಂಡು ಫಲಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಬಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಉಪಕರಣದ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರ (6.16) ದಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು.



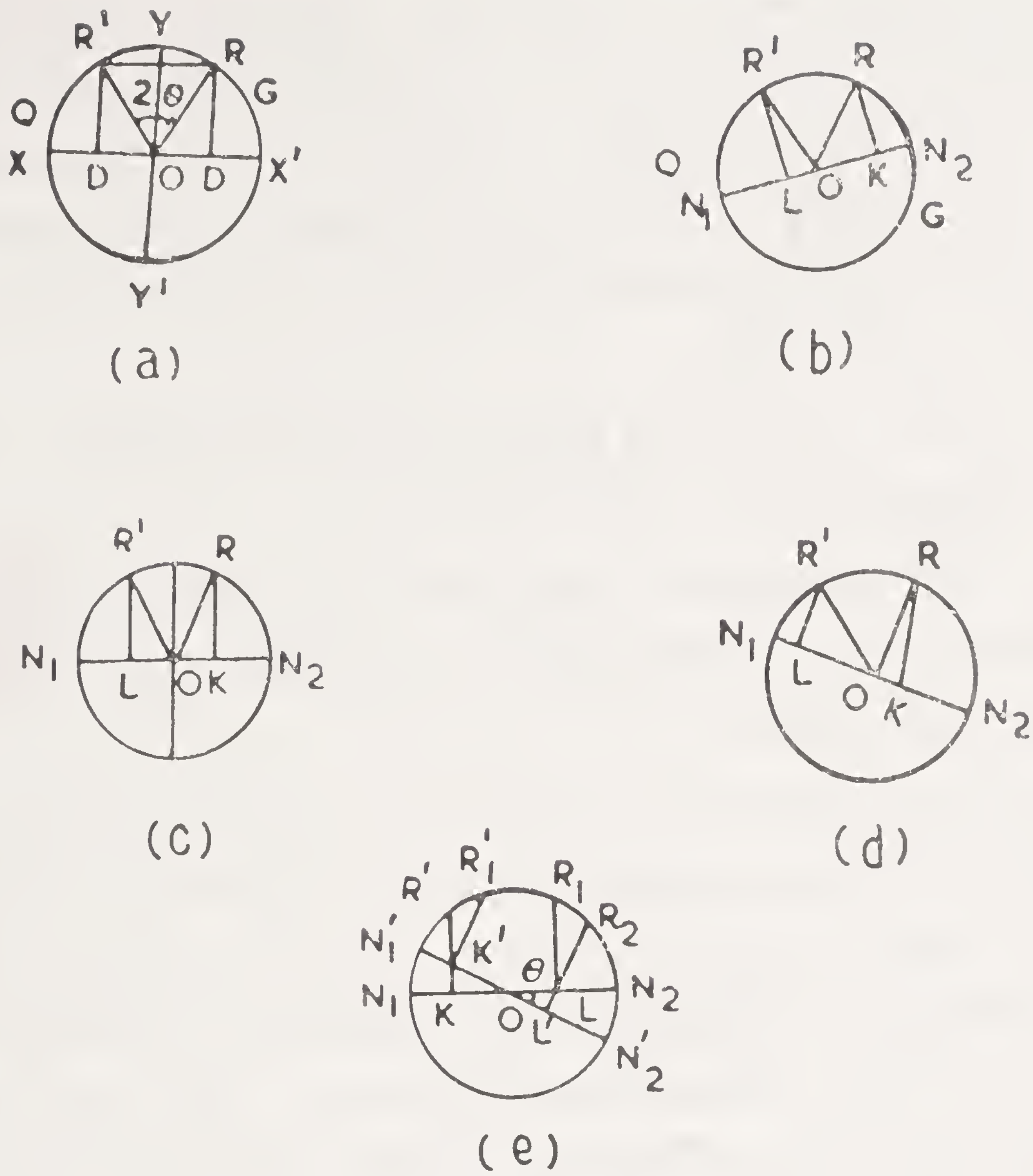
ಚಿತ್ರ 6·16 ಲಾರೆಂಟ್ ಧ್ರುವೀಕರಣ ಮಾಪಕ

S (ಸೋಡಿಯಂ ದೀಪ) ಒಂದೇ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕಿನ ಮೂಲಸ್ಥಾನದಿಂದ ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿರುವ ಒಂದು ರಂಧ್ರ.

L – S ನಿಂದ ಹೊರಟ ಬೆಳಕನ್ನು ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣ ಸಮೂಹಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡುವ ಮಸೂರ.

P – ನಿಕಲ್‌ಪ್ರಿಸಂ – ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಡಿಸುವುದು.

H – ಅರ್ಧ ಛಾಯೆ ಫಲಕ. ಇದು ಒಂದು ವರ್ತುಲಫಲಕ A B C D ಇದರಲ್ಲಿ A C B ಎಂಬ ಅರ್ಧವೃತ್ತದ ಗಾಜಿನ ಭಾಗವೂ, (G) A D B ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ಅರ್ಧವೃತ್ತದ ಬೆಣಚು ಶಿಲೆಯ (Q) ಅರ್ಧ ಅಲೆಯ (Half-wave plate) ಭಾಗ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಈ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಿಂದ (G & Q)



ಚಿತ್ರ 6·16 ಲಾರೆಂಟ್ ಧ್ರುವೀಕರಣ ಮಾಪಕ

ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಮುಂದೆ ವಿಶದ ಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

C. ಒಂದು ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿಯ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆ. ಇದರ ಉದ್ದವು 10 ಸೆಂ. ಮೀ. ಅಥವಾ 20 ಸೆಂ. ಮೀಗಳಿದ್ದು ಎರಡು ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಪಾರದರ್ಶಕ ಗಾಜಿನ ಮುಚ್ಚಳಗಳಿಂದ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿಯೇ ನಾವು ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿಸುವ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ತುಂಬಿರುತ್ತದೆ.

A–ಇದು ವಿಶ್ಲೇಷಕ (analyser) ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ದೂರ ದರ್ಶಕ (T) ವನ್ನೂ ಅಳವಡಿಸಿರುವ ಒಂದು ನಾಳಿಕೆಯ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿ. ಆ ಭ್ರಮಣದ ಕೋನವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಒಂದು ವರ್ತುಲ ಕೋನ ಪಟ್ಟಿಯೂ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಒಂದು ವರ್ನಿಯರ್ (vernier) ಹೊಂದಿ ಕೊಂಡಿದೆ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ C ಯಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ತುಂಬಿ ಮಿಕ್ಕ ಭಾಗಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಅಳವಡಿಸಿ, ದೂರದರ್ಶಕದ ದೃಕ್ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶಯುತವಾದ ವರ್ತುಲಕ್ಷೇ

ತ್ರವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಭಾಗಗಳು (ಬಲ ಮತ್ತು ಎಡ) ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ-ಆದರೆ, A ಪ್ರಿಸಮನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಭಾಗಗಳು (ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ) ಒಂದೇ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಎಡ ಅಥವಾ ಬಲಕ್ಕೆ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ಭಾಗವು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ.

H ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಫಲಕದ ಲಕ್ಷಣದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉಂಟಾಗುವ ಈ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಈಗ ವಿಶದ ಪಡಿಸಬಹುದು.

ಮೊದಲು, ನಾಳಿಕೆ (C) ಯಲ್ಲಿ ಏನೂ ಇಲ್ಲದೆ (ಅಥವಾ ದ್ಯುತೀಯ ಚಟುವಟಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಇರುವ ನೀರಿನಿಂದ ತುಂಬಿರಬಹುದು) ಇರುವಾಗ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

P (ಪ್ರಿಸಂ) ಎಂದು ಹೊರ ಬೀಳುವ ಬೆಳಕು ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಎರಡು ಅರ್ಧ ಭಾಗಗಳ ಮೇಲೆಯೂ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ 6.16 (a) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ O R ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪ ನೇರವಾಗಿರಲಿ. ಇದು P ಇಂದ ಬರುವ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಇದು (G) ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಬಲಭಾಗದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಯಾವ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವಹಾಗಿಲ್ಲ. ಇದು ಗಾಜಿನ ಭಾಗ ಆದರೆ ಎಡಭಾಗದ (q) ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಬೆಣಕು ಶಿಲೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಕಂಪನ ನೇರವು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. XOX,' YOY' ಗಳು ಹರಳಿನ ಎರಡು ಅಕ್ಷಗಳಾದರೆ, OR ಎರಡು ಅಂಗಗಳು OD ಮತ್ತು OE ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಹರಳು ಫಲಕವು ಅರ್ಧ–ಅಲೆ–ಫಲಕವಾಗುವುದರಿಂದ, ಹೊರ ಬೀಳುವ ಎರಡು ಅಂಗಗಳ ನಡುವೆ π ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, O D, O D' ಆಗಿ ಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದಿ. OE, OD′ ಗಳು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ OR′ ಆಗಿರುತ್ತದೆ $OD = OD'$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, $ROY = \theta$ ಆದರೆ, $ROR' = 2\theta$

ಅಂದರೆ, ಈ H ಫಲಕದ ವರ್ತನೆಯ ಫಲವಾಗಿ. ಬಲಭಾಗದ ಸ್ಪಂದನಗಳು OR′ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ಎಡ (Q) ಭಾಗದ ಸ್ಪಂದಗಳು OR′ ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ($ROR' = 2\theta$) ಮುಂದುವರೆಯುತ್ತವೆ.

ಈ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕುಗಳು C ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹೋಗಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಏನೂ (ಅಥವಾ ಬರೀ ನೀರು) ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ, ಹಾಗೆಯೇ ಮುಂದುವರೆದು A (ವಿಶ್ಲೇಷಕ) ಪ್ರಿಸಂನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಅದರಿಂದ ಹೊರ ಬೀಳುವ ಎರಡು ಭಾಗಗಳೂ ದೂರದರ್ಶಕದ ದೃಕ್ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಂದ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಈಗ, ಈ A ಪ್ರಿಸಂ ಅನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವು

ದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು (a), (b), (c) ಚಿತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ $N_1 N_2$ ಎಂಬುದು ಪ್ರಿಸಂನ ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲ. (b) ಚಿತ್ರದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ OR, OR^1 ಗಳ ಅಂಗಗಳು OK, OL ಆಗಿ, ಬಲಭಾಗದ ಪ್ರಕಾಶವು OK^2 ಗೂ, ಎಡಭಾಗದಲ್ಲಿ OL^2 ಗೂ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತವೆ. $OK^2 > OL^2$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಬಲಭಾಗವು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ಥಾನವು (c) ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇಲ್ಲಿ OK=OL ಆಗಿ, ಎರಡು ಭಾಗಗಳೂ ಸಮಾನ ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿದೆ. ಇದೇ ಅಂತಿಮವಾದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ವರ್ತುಲ ಸ್ಕೇಲ್, ವರ್ನಿಯರ್‌ನಿಂದ ಅಳತೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇದು θ_1 ಆಗಿರಲಿ. (d) ಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವುದು ಇನ್ನೊಂದು ಸ್ಥಾನ. ಇದರಲ್ಲಿ $OL > OK_1$ ಎಡಭಾಗವು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶದ ಸ್ಥಾನಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಖಚಿತವಾಗಿ, ಎರಡು ಭಾಗಗಳು ಸಮಾನ ಪ್ರಕಾಶವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸುಲಭವಾಗಿರುವುದೇ ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಗುಣವಾಗಿದೆ.

ಇದಾದ ಮೇಲೆ, ಉಳಿದ ಎಲ್ಲ ಅಂಗಗಳೂ ಹಾಗೆಯೇ ಇರುವಾಗ C ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ತುಂಬಬೇಕು. ಈಗ ದೂರದರ್ಶಕದ ಮೂಲಕ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಎರಡು ಭಾಗಗಳ ಪ್ರಕಾಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಎಡಕ್ಕೋ, ಬಲಕ್ಕೋ ತಿರುಗಿಸಿದರೆ, ಮತ್ತೆ ಸಮಾನ ಪ್ರಕಾಶಗಳ ಸ್ಥಾನವು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಅಳತೆಯನ್ನು (θ_2) ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಚಿತ್ರ (e) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಮೊದಲಿನ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ N_1N_2 ಇದ್ದ ಪ್ರಧಾನ ಸಮತಲವು N'_1N_2'ಗೆ ತಿರುಗಿದೆ $N_1ON_1' = \theta = (\theta_2 \sim \theta_1)$. ಇದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣವು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಸಮತಲವನ್ನು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಿರಬೇಕು ಇದರಿಂದ S ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

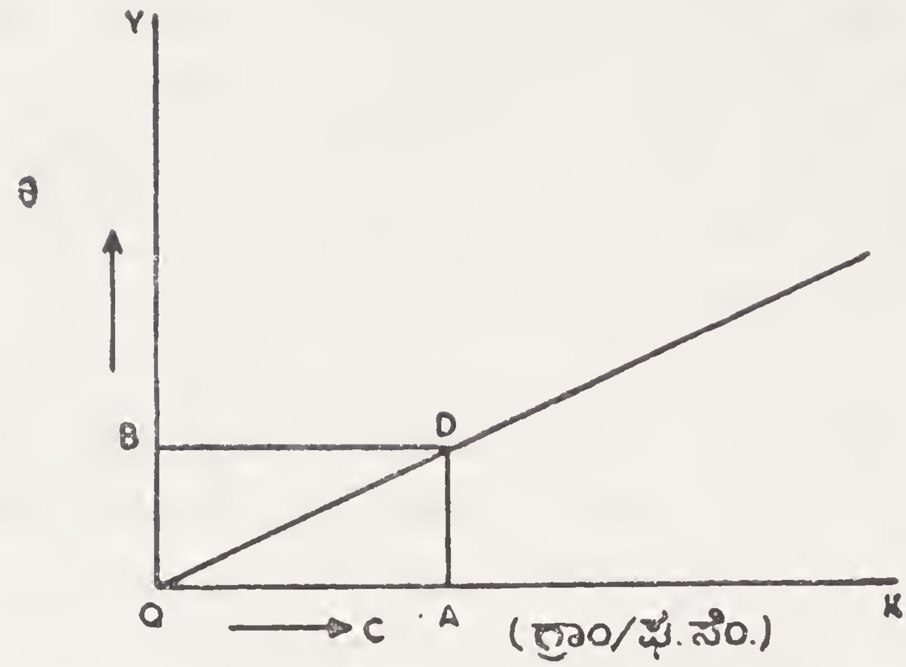
$\theta = 10°$

l = 20 ಸೆಂ. ಮೀ.

c= 7 ಗ್ರಾಂ/100 ಘನ ಸೆಂ.ಮೀ. (6.26)

$$S = \frac{10.\theta}{l\ c} = \frac{10\times10\times100}{20\times7} = \underline{\underline{71°.4}}$$

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಶರ್ಕರ ದ್ರಾವಣಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಿ, ಒಂದೊಂದಕ್ಕೂ ಬರುವ θ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿ, ಒಂದು ರೇಖಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಎಳೆದರೆ, ಒಂದು ಸರಳರೇಖೆಯು ಬರಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 6.17

ಈ ರೇಖಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು (ಚಿತ್ರ 6.17) ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿಸುವ ಬೇರೆ ಯಾವುದೇ ಶರ್ಕರ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೂ, ಅದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು, θ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿ ಅದು OB ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವು $OA = x$ ಆಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯು x ಗ್ರಾಂ/ಘನ. ಸೆಂ.ಮೀ. ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ವೈದ್ಯ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಿಹಿಮೂತ್ರ ರೋಗದ ಪರೀಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಮೂತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಸಕ್ಕರೆಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಅತ್ಯುಪಯುಕ್ತವಾದುದು.

ಸಕ್ಕರೆ ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧಗಳಿವೆ. ಒಂದರಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣವು ಬಲ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ (dextro-rotatory), ಇನ್ನೊಂದರಲ್ಲಿ ಎಡ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿಯೂ (laevo-rotatory) ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಇದೊಂದೇ ಸಾಧನ. ಯಾವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಪರೀಕ್ಷೆಯೂ ಫಲಕಾರಿಯಾಗಲಾರದು. ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಈ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗ ಮಾಡುವಾಗ ಅದನ್ನು ಶರ್ಕರಮಾಪಕ (Saccharimetar) ಎಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು.

ಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ ಫ್ರೆನಲ್‌ನ ತಾತ್ವಿಕ ವಿವರಣೆ

ಸಮತಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕು ಒಂದು ದ್ಯುತೀಯ ಚಟುವಟಿಕೆಯುಳ್ಳ ವಸ್ತು (ಬೆಣಚು ಶಿಲೆ ಅಥವಾ ದ್ರಾವಣ) ವಿನ ಮೇಲೆ ಆಪಾತವಾದರೆ, ಅದನ್ನು ಎರಡು ವರ್ತುಲ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಂಪನಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಶ್ಲೇಷಣವಾಗುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ಕಂಪನಗಳು ಒಂದೇ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೂ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯವನ್ನೂ ಹೊಂದಿ, ಭ್ರಮಣವಾಗುವ ದಿಕ್ಕುಗಳು ಮಾತ್ರ ವಿರೋಧವಾಗಿ

(ಒಂದು ಎಡ, ಮತ್ತೊಂದು ಬಲ) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಕಂಪನ ಗಳೂ ಹರಳಿನ (ಅಥವಾ ದ್ರಾವಣದ) ದೃಕ್ ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿ ರುವ ವೇಗಗಳಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಅಲೆಗಳು ಚಲಿಸುವ ದೂರವು l ಆಗಿದ್ದರೆ, ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವಾಗ, ದೃಕ್ ಪಥಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದರಿಂದ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಈ ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಎರಡು ವರ್ತುಲ ಚಲನೆಗಳು ಹೊರಬೀಳುವಾಗ ಮತ್ತೆ ಕೂಡಿಕೊಂಡು ಒಂದು ಸರಳಸಂಗತ (Simple Harmonic) ಚಲನೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಅದರ ನೇರವು ಮಾತ್ರ ಆಪಾತಸಂಗತ ಚಲನೆಯ ನೇರದಿಂದ ದಿಕ್‌ಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ಗಣಿತದ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ಬರುವ ಅಂತಿಮ ಸೂತ್ರದ ರೂಪವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ

$$\theta = \frac{\pi e}{\lambda} (\mu_L - \mu_R) \text{ ರೇಡಿಯನ್ನುಗಳು} \qquad (6.27)$$

μ_L, μ_R ಗಳು ವಸ್ತುವಿನೊಳಗೆ ಚಲಿಸುವ ವರ್ತುಲ ಕಂಪನಗಳ ಎಡ ಮತ್ತು ಬಲ ಅಂಗಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಸೂಚಕಾಂಗಗಳು.

l = ಅಲೆಗಳು ವಸ್ತುವಿನೊಳಗೆ ಚಲಿಸುವ ದೂರ

λ = ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಾಂತರ

ಮೇಲಿನ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಫ್ರೆನಲ್ ವಿವರಿಸಿದನು. ಅವನ ಕಲ್ಪನೆಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥನೆಯೂ ದೊರೆತಿದೆ.

6.11 ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಉಪಯೋಗಗಳು

ತಾತ್ತ್ವಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ವಾದವು ಪ್ರಬಲವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಹಾಗಾಯಿತು. ಹಾಗೂ ಧ್ರುವೀಕರಣ ಸಾಧನಗಳು ನಮ್ಮ ನಾಗರಿಕ ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಹಲವು ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಿಕೊಟ್ಟಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 'ಪೋಲರಾಯ್ಡ್' ಉಪಕರಣವು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ.

1. ಸಾಮಾನ್ಯ ಬೆಳಕು ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬಂದು ಒದ್ದೆಯಾದ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಪ್ರತಿಫಲನವಾದರೆ ಈ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕಿನ ಬಹುಭಾಗವು ಧ್ರುವೀಕೃತ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಏರ್ಪಡುವ ಝಳ (glare) ವನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸುವಂತೆ ಕಣ್ಣುಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು ಪೋಲರಾಯ್ಡ್‌ನಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ಸೂರ್ಯ ಕನ್ನಡಕಗಳನ್ನು (Sun-glasses) ಧರಿಸಬಹುದು. ಈ ಪೋಲರಾಯ್ಡ್‌ನ ಅಕ್ಷವನ್ನು

ಲಂಬವಾಗಿಟ್ಟರೆ, ಕ್ಷಿತಿಜ ಸಮತಲದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲನ ಹೊಂದುವ ಅಲೆಗಳನ್ನು ತಡೆಯುತ್ತದೆ.

2. ಥಳಥಳಿಸುವ ಟಾರ್ ರಸ್ತೆಗಳ ಮೇಲೆ ಪ್ರಬಲವಾದ ದೀಪಗಳು ಬೆಳಗಿಸುವುದರಿಂದ ರಾತ್ರಿವೇಳೆಯಲ್ಲಿ ವಾಹನ ಸಂಚಾರಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ಆತಂಕಗಳು ಏರ್ಪಟ್ಟು, ಅಪಘಾತಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವೆಲ್ಲರೂ ಅರಿತಿದ್ದೇವೆ. ಇದೂ ಕೂಡ ಪ್ರತಿಫಲಕ ಬೆಳಕಿನ ಧ್ರುವೀಕರಣದಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ ಝಳದಿಂದ. ಇದಕ್ಕೆ ಪರಿಹಾರ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಮೋಟಾರು ವಾಹನಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವ ಚಾಲಕರು ಪೋಲರಾಯ್ಡ್ ಕನ್ನಡಕಗಳನ್ನು ಧರಿಸಬೇಕು ಮತ್ತು ವಾಹನ ತಲೆ ದೀಪಗಳನ್ನು ಪೋಲರಾಯ್ಡ್‌ಗಳಿಂದ ಆವರಣ ಮಾಡಿರಬೇಕು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಇವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನ ಸಮತಲವು ಲಂಬ ನೇರಕ್ಕೆ 45° ಓರಣದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನು ಸರಿಯಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದು ವಾಹನದ ಚಾಲಕನು ತನ್ನ ಕನ್ನಡಕಗಳ ಮೂಲಕ ಅವನ ವಾಹನದ ತಲೆ ದೀಪಗಳಿಂದ ಬೆಳಗುವ ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ನೋಡಬಲ್ಲನು. ಹಾಗೆಯೇ ಅವನ ಎದುರಿಗೆ ಇರುವ ವಾಹನದ ದೀಪಗಳಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕು ತಡೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟೆಲ್ಲ ತಿಳಿದಿದ್ದರೂ, ಈ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ನಗರಗಳಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ!

3. ಚಲನಚಿತ್ರ ಮಂದಿರಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲ್ಪಡುವ ಚಿತ್ರಗಳು ಒಂದೇ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಅಥವಾ ದ್ವಿಗಾತ್ರದ ಅನುಭವವನ್ನು ಕೊಡುತ್ತವೆ. ವಾಸ್ತವ್ಯತೆಯು ಬರಬೇಕಾದರೆ ಅವುಗಳಿಗೆ ಆಳವು (depth) ಕಲ್ಪನೆಯಾಗಬೇಕು. ಈ ಭಾವನೆಯನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಿ, ಚಿತ್ರಗಳಿಗೆ ನೈಜತ್ವವನ್ನು ಕೊಡಲು ಪೋಲರಾಯ್ಡ್ ಬಹಳ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವಾಗಲೇ ಎರಡು ಕೋನಗಳಿಂದ ತೆಗೆದ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಆಗ ಪ್ರೇಕ್ಷಕರು ಪೋಲರಾಯ್ಡ್ ಕನ್ನಡಕಗಳ ಮೂಲಕ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಅವರ ಅನುಭವದಲ್ಲಿ ರಂಗಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಸಜೀವ ನಟರಿಂದ ನಟಿಸಲ್ಪಡುವ ನಾಟಕ ದೃಶ್ಯಗಳನ್ನು ನೋಡುವಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

4. ದ್ಯುತೀಯ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ದ್ರಾವಣಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಕೋನಪಲ್ಲಟವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ವೈದ್ಯಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಿಹಿಮೂತ್ರ ಜಾಡ್ಯಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ನಿವಾರಣೆಯ ಮಾರ್ಗವು ದೊರಕಿದಂತಾಗಿದೆ.

5. ಸಾಮಾನ್ಯ ಗಾಜು, ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗದ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಇದನ್ನು ಬಲವಾದ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ, ಅದೂ ಕೂಡ ಹರಳು

ಗಳಂತೆ ದ್ವಿಗುಣ ರಶ್ಮಿಭಂಗದ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ನಿಕಲ್ ಪ್ರಿಸಂ ಅಥವಾ ಪೋಲರಾಯ್ಡ್ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಕಟ್ಟಡಗಳ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡುವಾಗ, ಆಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಧ್ರುವೀಕೃತ ಬೆಳಕಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಕಟ್ಟಡದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳಿಗೆ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ತಡೆಯುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಎಷ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು, ಅವುಗಳ ಆಕೃತಿಗಳನ್ನು (Models) ತಯಾರಿಸಿ, ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಇದರಿಂದ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಯೋಗ್ಯವಾದ ಹೊಸ ಸಾಮಗ್ರಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡುವ ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತುಶಿಲ್ಪ ವಿಜ್ಞಾನಕ್ಕೆ ಇದೊಂದು ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾದ ಉಪಕಾರವಾಗಿದೆ.

ಅಧ್ಯಾಯ 7

ಬೆಳಕಿನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತ

7.1 ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತ

ಹಾಯ್‌ಜೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಫ್ರೆನೆಲ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ, ಬೆಳಕು ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿ (Mechanical energy) ಯ ಪ್ರಸಾರ. ಈ ಅಲೆಯು ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿರಬೇಕೆಂದು, ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶದವಾಗಿ ತಿಳಿಸಿದೆ ಇದರಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಸಹಜವಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇನೆಂದರೆ :– ಈ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ, ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಲನಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ರಚನೆ ಎಂತಹುದು ? ಸ್ಪಂದನಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವ ಕಣಗಳ ಸ್ವರೂಪವೇನು ? ಬೆಳಕು ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೂ, ಧಾರಾಳವಾಗಿ ಸಂಚರಿಸುವುದರಿಂದ, ಅಲ್ಲಿ ಸ್ಪಂದನವಾಗುವುದು ಯಾವುದು ? ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಉತ್ತರವು ಲಭಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅದು ಜಡ ವಸ್ತುವಿನ ಯಾವುದೋ ಒಂದು ರೂಪವೆಂಬ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಮಾಡಿದ ಕಲ್ಪನೆಗಳು ವ್ಯರ್ಥವಾದುವು. ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಈಥರ್ (ether) ಎಂಬ ಕಾಲ್ಪನಿಕ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯನ್ನು ಅವಶ್ಯಕವೆಂದು ಹೇಳಲಾಯಿತು. ಇದು ಕಾಲ್ಪನಿಕವಾಗಿಯೇ ಉಳಿದು, ಅದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದುದೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಯಿತು. ಶೂನ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿಯೂ (Vacuum) ಇದು ಇರುತ್ತದೆಂದು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾಯಿತು–ಇದನ್ನು ಒಂದು ವಿನೋದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಹೀಗೆ ತಿಳಿಸಿದನು. ಈಥರ್ ಎಂದರೆ ಏನು ? ಯಾವುದು ಸ್ಪಂದಿಸುತ್ತದೆಯೋ ಅದು ಅದನ್ನು ಸ್ಪಂದನ ಮಾಡಿಸುವುದು ಯಾವುದು ?– ಬೆಳಕು– ಅಂದರೆ ಇವುಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ವ್ಯಾಕರಣ ಸೂತ್ರದಂತೆ ತಿಳಿಸಿದರೆ– ಈಥರ್ ಎಂಬ ಕ್ರಿಯಾ ಶಬ್ದಕ್ಕೆ ಬೆಳಕು ಕರ್ತೃ ಶಬ್ದ. (Ether is the nominative of the predicate 'vibrates'–that which vibrates) ಇದು ಒಂದು ಅಸಮರ್ಪಕವಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು.

ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಲು ಕ್ರಿ.ಶ. 1873 ರಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (Maxwell) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಸಂಪೂರ್ಣ ನವೀನ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿದನು. ಅವನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಯೇ

ಹೊರತು ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲ–ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಶಕ್ತಿಗಳೊಂದಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು.

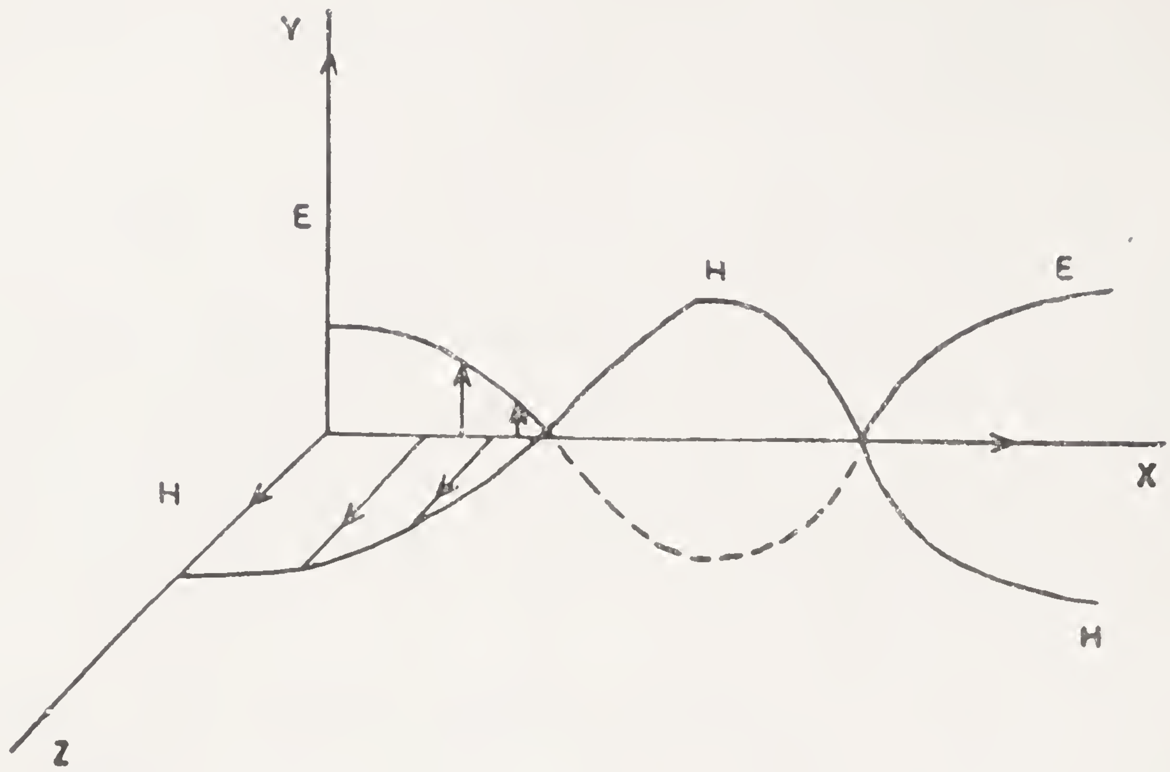
ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ (electrical circuit) ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಆಂದೋಲನಗಳಿಂದ, ಸುತ್ತಲೂ ಆವರಿಸಿರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಪುನರಾವರ್ತಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳ ಗುಣಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅಡಗಿರುತ್ತವೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಬಲಗಳ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣ (vectors) ಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬ ನೇರಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಹಾಗೂ ಇವುಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ನೇರದಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತವೆ.

ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಈ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ (ವಿದ್ಯುತ್ ಈಥರ್) ಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವೇಗವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಂಶ ಮಾನಕ್ಕೂ ಸ್ಥಾಯೀ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಮಾನಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅನುಪಾತಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ತೋರಿಸಿದನು.

$$\text{velocity of electromagnetic wave} = \frac{\text{electromagnetic unit (e.m.u.) of change}}{\text{electro static unit (e.s.u.) of charge}} \quad (7.1)$$

ಈಗ ಬೆಳಕು ಕೂಡ ದ್ಯುತೀಯ ಈಥರ್‌ನಲ್ಲಿ (lumniferous ether) ಅಡ್ಡ ಅಲೆಗಳು ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ, ಬೆಳಕೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ, ಬೆಳಕೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಯ ರೂಪವಾಗಿ ಏಕೆ ಇರಕೂಡದು ? ಎಂಬ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಬಗೆ ಹರಿಸಿದನು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಅವನು ಬಂದ ನಿರ್ಧಾರವೇನೆಂದರೆ :–ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಯ ವೇಗವೂ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವೂ ಒಂದು ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಹೀಗಾಗಿ, ಬೆಳಕೂ ಕೂಡ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಂಭವವೆಂದು ಸಮರ್ಥನೆ ಮಾಡಿದನು

ಈ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರ 7.1) ತೋರಿಸಿರುವ ಪ್ರಕಾರ, ಹೀಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು. ಬೆಳಕು ಅಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣ (Electric) vector) E ಯ ಕಂಪನವೂ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಕೂಡಿ ಕೊಂಡಿರುವ ಕಾಂತೀಯ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣ (H) ದ ಕಂಪನವೂ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಒಂದು ಕಂಪನ ಈ ಎರಡು ಪರಿಮಾಣಗಳೂ (E H) ಒಂದೇ ಸಮತಲದಲ್ಲಿಯೇ, ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ



ಚಿತ್ರ 7.1 ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳಲ್ಲಿ E ಮತ್ತು H ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು

ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಪನ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಅಲೆಗಳ ವೇಗದ ದಿಕ್ ಪ್ರಮಾಣ (V) ಯು ಅವುಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (7.1) ಮೂರು ಅಕ್ಷ ಗಳು OX, OY, OZ, ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುತ್ತವೆ. OX ದಿಕ್ಕು ಅಲೆ ಗಳ ವೇಗ ಪ್ರಸಾರದ ನೇರವಾಗಿಯೂ, OY, OZ ಗಳು E ಮತ್ತು H ಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ದಿಕ್ಕುಗಳಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ.

ಇದುವರೆವಿಗೂ ವಿವರಿಸುವ ಅಂಶಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಗಣಿತ ಸೂತ್ರಗಳನ್ನು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಿ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ. ಮುಂದೆ ಇವುಗಳ ಸ್ಥೂಲರೂಪಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸೂಚಿಸಿದೆ. ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾದ ಗಣಿತ ಭಾಗವನ್ನು ಸೇರಿಸಿಲ್ಲ.

7.2 ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಬೆಂಬಲ

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಅಸಾಧಾರಣವಾದ ಮೇಧಾಶಕ್ತಿಯಿಂದಲೂ ಅಪಾರ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞಾನದಿಂದಲೂ, ತನ್ನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತ ರೂಪವನ್ನು ಕೆಲವು ಪ್ರಧಾನ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು. ಇದಾದ ಸುಮಾರು 15 ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ, 1888 ರಲ್ಲಿ ಅವನ ಶಿಷ್ಯನಾದ 'ಹರ್‌ಟ್ಜ್' (Hertz) ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಿ ಅವುಗಳ ಪ್ರಸಾರ ಲಕ್ಷಣ ವನ್ನೂ ಪ್ರದರ್ಶನ ಮಾಡಿಕೊಟ್ಟನು. ಆಂದೋಲಕ ಕಿಡಿ ಉತ್ಸರ್ಜನೆಯಲ್ಲಿ (Oscillatory spark discharge) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳಿಂದ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗುವ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದನು. ಈ ಅಲೆಗಳ ವಾಸ್ತವ್ಯತೆಯು ದೃಢವಾದ ಮೇಲೆ, ಈ ಅಲೆಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ, ರಶ್ಮಿಭಂಗ,

ಮಸೂರದಿಂದ ಸಂಗಮವಾಗುವುದು, ಧ್ರುವೀಕೃತವಾಗುವುದು ಎಂಬ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ–ಈ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ವೇಗವೂ, ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವೂ ಒಂದೇ ಎಂದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು.

ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಹರ್ಟ್ಜ್ ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ವಾದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಕೋನವನ್ನು ಕೊಟ್ಟಂತಾಯಿತು. ಇದರ ಪ್ರಕಾಶ ಬೆಳಕು ಕೂಡ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ :– ಫ್ರೆನಲ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಒದಗಿದ್ದ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ತೊಡಕಿನ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಪರಿಹಾರವಾದಂತಾಯಿತು ತರಂಗಪಾಗದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೂ,– ಅಂತರರೋಧ, ನಮನ, ಧ್ರುವೀಕರಣ–ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿವರಣೆಯೂ ಬಂದಂತಾಯಿತು. ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಜಡವಸ್ತುವಿನ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗಿಸಿದಂತಾಯಿತು.

7.3 'ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್' ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಪ್ರಧಾನ ಸಮೀಕರಣಗಳು

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಒಂದು ಪ್ರಮುಖವಾದ ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಕಾರಣನಾದ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಉದಹರಿಸಿದ ಪ್ರಧಾನ ಸಮೀಕರಣಗಳ ರೂಪಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿದೆ. ಅವುಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಈ ಪುಸ್ತಕದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಮೀರಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿಲ್ಲ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಶಾಸ್ತ್ರ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದ ಕೆಲವು ಪ್ರಮುಖ ನಿಯಮಗಳನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಹೊಸ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ತನ್ನ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದನು. ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ನಿಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಸ್ ನಿಯಮ, ಆಂಪೇರ್ ನಿಯಮ ಮತ್ತು ಫ್ಯಾರಡೆಯ ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಅಡಗಿವೆ. ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಮುಖ್ಯ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳ ವಿವರಣೆಯನ್ನೂ ಮೊದಲು ಕೊಟ್ಟಿದೆ.

E. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ (electrie intensity) (e. s. u. ಮಾನ)
ಒಂದು ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣ

K. ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಸೂಚಕಾಂಕ (,,)
(Dielectic constant)

D. ವಿದ್ಯುತ್ ಪಲ್ಲಟ ದಿಕ್ ಪರಿಣಾಮು (e. s. u. ಮಾನ)
(Electric Displacement Vector)

j. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ ಸಾಂದ್ರತೆ (,,)
(electric current density)

ρ. ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ ಸಾಂದ್ರತೆ (,,)
(charge density)

H. ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಬಲ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣ (e. m. u. ಮಾನ)
(magnetic intensity)

B. ಕಾಂತೀಯ ಪ್ರೇರೇಪಣೆ ,, (,,)
(magnetic induction)

μ. ಕಾಂತೀಯ ಅಂತಃಪೂರಕ ಅಂಕ (e. m. u. ಮಾನ)
(magnetic permeabibty)

$$c = \frac{1 \text{ e. m. u. ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮಾನ}}{1 \text{ e. s. u. ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮಾನ}} \qquad (7.2)$$

ಸಮತಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳು ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯ ಏಕರೂಪವಾಗಿದ್ದು, ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ ಸೂಚಕಾಂಕ (K) ಆಗಿಯೂ, ಕಾಂತೀಯ ಪೂರಕ ಅಂಕ (μ) ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದು, ಸ್ವತಂತ್ರ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶಗಳು ಇಲ್ಲದಿರುವಾಗ, ಸಮೀಕರಣಗಳ ಅಂತಿಮ ರೂಪವು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇರುವುವು.

$$\text{curl } E = \frac{\mu}{c} \frac{\partial H}{\partial t}$$

$$\text{curl } H = \frac{K}{c} \frac{\partial E}{\partial t} \qquad (7.3)$$

$$\text{div } E = 0$$

$$\text{div } H = 0 \qquad (7.4)$$

ಈ ನಾಲ್ಕು ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲನೆ ಎರಡು (7.3) ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಂಡರೆ,

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = \frac{c^2}{\mu K} \nabla^2 E$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = \frac{c^2}{\mu K} \nabla^2 H$$

$$\text{ಇಲ್ಲಿ } \nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right) \quad (7.5)$$

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳು ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ಅಲೆಯ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡಿದರೆ,

$$\text{ಅಲೆಯ ವೇಗ } (v) = \frac{c}{\sqrt{\mu K}} \quad (7.6)$$

ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ (Vacuum), $K = 1, \; \mu = 1$

ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ವೇಗ $=$ C ಆದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಪ್ರಕಾರ,

$$c = \frac{1.\text{e.m.u. ವಿದ್ಯುದಂಶಮಾನ}}{1.\text{e.s.u. ವಿದ್ಯುದಂಶಮಾನ}} = 3 \times 10^{10} \quad (7.7)$$

ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವೂ 3×10^{10} ಸೆಂ/ಸೆಕೆಂಡ್ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ವೇಗವೂ, ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಯ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಾದ E, H – ವಿದ್ಯುತ್ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣವೂ, ಕಾಂತೀಯ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣವೂ ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬನೇರಗಳಲ್ಲಿರಬೇಕೆಂದೂ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ವೇಗ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣ (V) ವು ಇರಬೇಕೆಂದೂ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ಹಿಂದಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (7.1) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, E,H,V ಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ, Y, Z ಮತ್ತು X ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ, ಪ್ರತಿಫಲನ, ರಶ್ಮಿಭಂಗ, ಧ್ರುವೀಕರಣ, ವಿಶ್ಲೇಷಣ (Dispersion) ಮೊದಲಾದ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರತಿಫಲನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವು ಹೊರಬಿದ್ದಿದೆ. ಅಲೆಯ (E) ವಿದ್ಯುತ್ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣವು ಮಾತ್ರ, ಪ್ರತಿಫಲನದಲ್ಲಿ π ನೆಲೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆಯೂ, (H) ಕಾಂತೀಯ ದಿಕ್‌ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇಂಥ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಆಗುವುದಿಲ್ಲವೆಂದೂ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೆಳಕಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಲಕ್ಷಣಗಳೆಲ್ಲ (E) ವಿದ್ಯುತ್ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿದ್ದಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ E ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ದಿಕ್ ಪರಿಮಾಣವೆಂದು (Light vector) ಕರೆಯುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ.

7.4 ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ವರ್ಣಪಟಲ

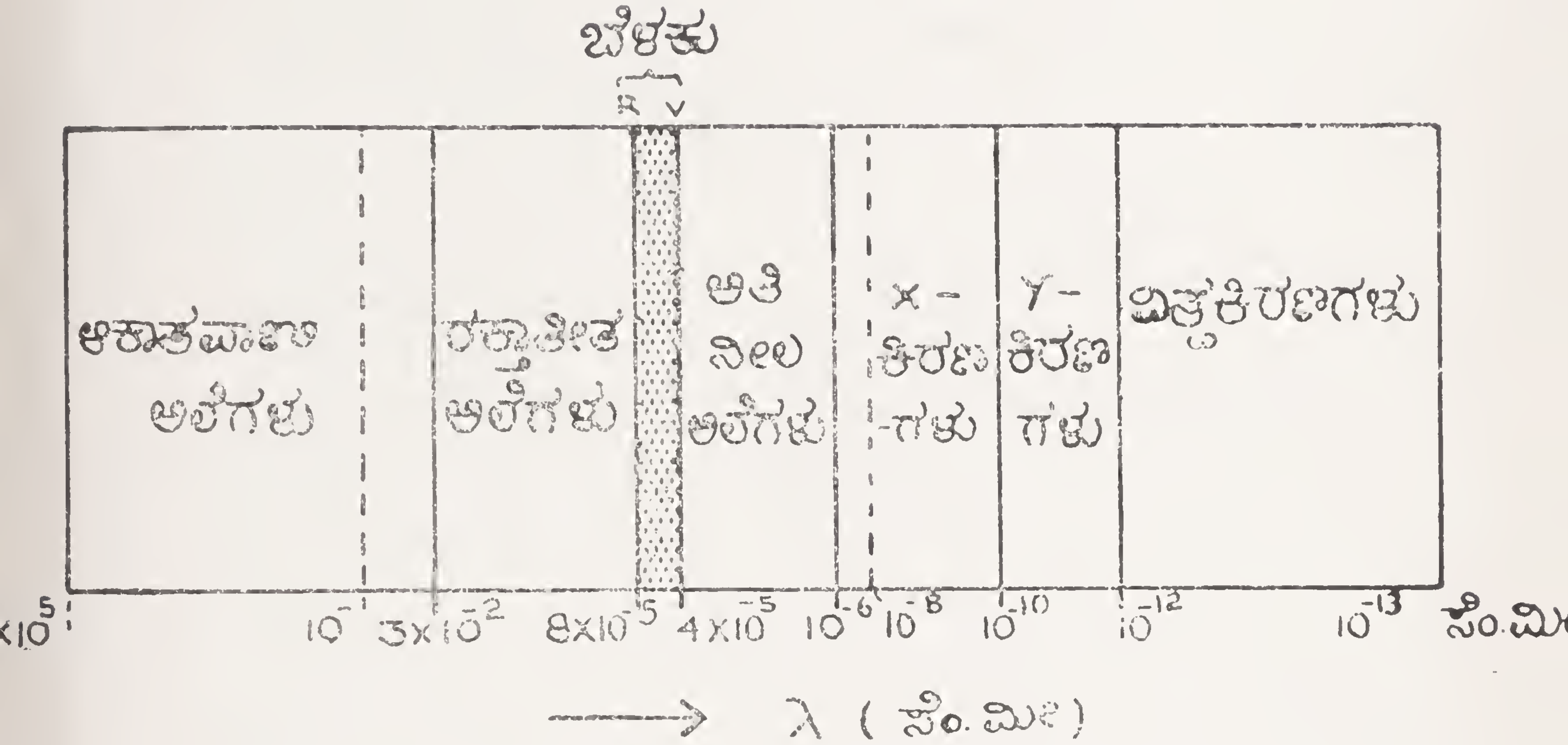
ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಿಸಿದ 'ಹರ್ಟ್ಜ್' ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸುಮಾರು 10 ಮೀಟರ್‌ಗಳ ತರಂಗ ದೂರದ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದನು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳೇ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಆಕಾಶವಾಣಿಯ ಅಲೆಗಳಾಗಿ ವಾರ್ತಾ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುವಂತೆ ನಾಂದಿ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದುವು. ಈಗ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಪ್ರಕಾರ, ಬಾನುಲಿ (Radio) ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಸುಮಾರು $\frac{1}{10}$ ಸೆಂ.ಮೀ. ನಿಂದ ಹಿಡಿದು 2000 ಮೀಟರ್ (2×10^5 ಸೆಂ.ಮೀ.) ವರೆಗೆ ಇದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯ, ಉದ್ದ, ಹ್ರಸ್ವ, ಕಿರಿ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪುಗಳು ವಿವಿಧ ತರಂಗ ದೂರಗಳ ಅವಧಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳೆಲ್ಲಕ್ಕೂ ಪ್ರಸಾರ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುವುದು.

ಈಗಾಗಲೆ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಬೆಳಕಿನ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಕೂಡ, ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ವೇಗವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ತರಂಗ ದೂರಗಳ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣ ಪಟಲದಲ್ಲಿ ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನ ಅವಧಿಯು ಸುಮಾರು 7.5×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ಆದರೆ, ನೀಲಿ ಅಂಚಿನ ತರಂಗ ದೂರವನ್ನು 4×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಇತ್ತೀಚಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಅಗಾಧವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿವೆ. ದೃಶ್ಯ ವರ್ಣಪಟಲದ ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನ ಆಚೆ ಹೆಚ್ಚು ತರಂಗ ದೂರದ ಶಾಖದ ಅಲೆಗಳು ಇವೆ. ಇದನ್ನು 'ರಕ್ತಾತೀತ' (Infra-Red) ಪ್ರದೇಶವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 7.5×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ನಿಂದ 3×10^{-2} ಸೆಂ.ಮೀ. ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ನೀಲಿ ಅಂಚನ್ನು ದಾಟಿ, ಕಡಿಮೆ ತರಂಗ ದೂರದ ಕಡೆ, ಅತಿ ನೀಲ ಪ್ರದೇಶ (Ultra-violet) ವಿದೆ. ಇದರ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 4×10^{-5} ಸೆಂ. ಮೀ.ನಿಂದ 10^{-6} ಸೆಂ.ಮೀ. ಈ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಅಲೆಗಳ ವೇಗವೂ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವೇ ಆಗಿದ್ದು, ಲಕ್ಷಣಗಳೆಲ್ಲವನ್ನೂ ನೋಡಿದರೆ ಅವುಗಳ "ಅದೃಶ್ಯ ಬೆಳಕು" ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ.

X – ಕಿರಣಗಳಿಗೂ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳಿಗೂ ಬಹಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. ತರಂಗ ದೂರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿಸಬಹುದು. ತರಂಗ ದೂರಗಳ ಅವಧಿಗಳು 10^{-7} ಸಂ.ಮೀ.ನಿಂದ 10^{-9}, 10^{-10} ಸೆಂ.ಮೀ. ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ತರಂಗ ದೂರಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, γ – ಕಿರಣಗಳು ವತ್ತು ವಿಶ್ವಕಿರಣಗಳು ಬರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ

ತರಂಗ ದೂರಗಳನ್ನು 10^{-12}, 10^{-13} ಸೆಂ. ಮೀ. ವರೆವಿಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋದಂತಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 7.2 ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಖಂಡ 'ವರ್ಣ'ಪಟಲ

ಈ ಚಿತ್ರವನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ತರಂಗ ದೂರಗಳ ಪ್ರಕಾರ ವಿಂಗಡಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳು ಆಕಾಶವಾಣಿಯ ಅಲೆಗಳಿಂದ ಹಿಡಿದು ವಿಶ್ವಕಿರಣಗಳವರೆವಿಗೆ ಹಬ್ಬಿರುತ್ತವೆ. ಸುಮಾರು 2×10^5 ಸೆಂ.ಮೀ. (2000 ಮೀಟರ್) ನಿಂದ 10^{-13} ಸೆಂ.ಮೀವರೆಗಿರುವ ಈ ಅಖಂಡ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಎಲ್ಲ ರೂಪಗಳ ಶಕ್ತಿ ವಿಶೇಷಗಳನ್ನು ಅವುಗಳ ವೈಯುಕ್ತಿಕ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಬಹುದು. ಈ ಅಪಾರ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗಿ 'ಬೆಳಕು' ಎಂದು ಹೆಸರಿರುವ ಅಲೆಗಳ ಎರಡು ಅಂಚುಗಳು ಕೇವಲ 4×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ನಿಂದ 7.5×10^{-5} ಸೆಂ.ಮೀ. ವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಗಮನಾರ್ಹವಾಗಿಲ್ಲದೆ ಕಂಡುಬಂದರೂ, ಅತಿ ಗಣನೀಯವಾದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ.

ಈ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿವೆ.

1. ಇವುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಪ್ರಸಾರವೇಗವು ಒಂದೇ ಅದು ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿಗೆ ಇರುವ ವೇಗ–ವೇಗ (3×10^{10} ಸೆಂ.ಮೀ/ಸೆಕೆಂಡ್)

2. ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮ್ಯತೆಯಿದ್ದರೂ, ತರಂಗ ದೂರ (λ) ಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿವೆ.

3. ತರಂಗ ದೂರವು ಕಡಿಮೆಯಾದ ಹಾಗೆಲ್ಲ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

E (ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣ), λ = ತರಂಗ ದೂರ ಆದರೆ, $E \propto \frac{1}{\lambda}$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \tag{7.8}$$

ಇದರಲ್ಲಿ hc = ನಿಯತಾಂಕ

h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ $= 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕೆಂಡ್

c = ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ $= 3 \times 10^{10}$ ಸೆಂ.ಮೀ./ಸೆಕೆಂಡ್

ಅಧ್ಯಾಯ 8

ಬೆಳಕಿನ ಶಕಲವಾದ

8.1 ತರಂಗವಾದದ ಮಿತಿಗಳು ಮತ್ತು ಅವಶ್ಯಕತೆ

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ತರಂಗವಾದದ ವಿಜಯ ಪರಂಪರೆಯನ್ನು ಸವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ತತ್ಪಕ್ಕೂ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯ ದೆಸೆಯಿಂದ ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದ ವೇಳೆಗೆ ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಸ್ಥಿರವಾದ ಸ್ಥಾನವು ಕಲ್ಪಿತವಾಯಿತು. ಒಂದು ರೀತಿಯಿಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತವೂ ಕೂಡ ತರಂಗವಾದದ ತತ್ವಗಳನ್ನು ಪುಷ್ಟಿಮಾಡಿತು. ಇದರಿಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ಅಡ್ಡ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಮಾಡಿದಂತಾಯಿತು.

ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಹೀಗೆ ಸಮಾಧಾನಕರವಾಗಿದ್ದರೂ, ತರಂಗವಾದವು ಬೆಳಕಿನ ಸರ್ವ ವರ್ತನೆಗಳನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಂಡಿರಲಿಲ್ಲ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಬೆಳಕು ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ವಿಧಾನ. ಇದು ವಸ್ತುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯ ಈ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟು ಅವುಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೆಲ್ಲ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದುವು–ಇವುಗಳ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ವರ್ಣಪಟಲ ವಿಶ್ಲೇಷಣ ವಿಧಾನ. (Spectral Analysis) ಮೂಲವಸ್ತು (elements) ಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಸೂಸುವಂತೆ (excitation) ಮಾಡಿ ಆ ಬೆಳಕನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾಪಕಗಳ ಮೂಲಕ (spectrometers) ವಿಶ್ಲೇಷಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳು ಅಥವಾ ತಂಡಗಳು (Spectral lines or bands) ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿರುವುದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ – ಈ ರೋಹಿತ ರೇಖೆಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆಯಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾದ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯ. ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವೂ ತನ್ನದೇ ಆದ ವೈಯುಕ್ತಿಕ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅದು ತನ್ನ ಬೆರಳೊತ್ತನ್ನು (finger-print) ತೋರಿಸುವಂತಿದೆ–ಇದನ್ನೇ ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು. ಸೋಡಿಯಂ ವಸ್ತುವನ್ನು ಅದರ ವರ್ಣಪಟಲದ 5890A°, 5896A° (ಹಳದಿಯ) ರೇಖೆಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆಯೇ

ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿಯೂ, 6563A°, 4861A°. ಅಂಥ ರೇಖೆಗಳಿಂದ ಅದರ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

ವರ್ಣಪಟಲಶಾಸ್ತ್ರ (spectros copy) ವೇ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಅಧ್ಯಯನ ಕ್ಷೇತ್ರ. ಇದರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗವಾದವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಿಂದ ಉಪಯೋಗವಾಗುವಂತೆ ತೋರುವುದಿಲ್ಲ. ತರಂಗಗಳು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದಲೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳು ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುವುದರಿಂದಲೂ ಒಂದು ಹೊಸ ಸಮಸ್ಯೆಯು ಉದ್ಭವಿಸಿತು. ಇದನ್ನು ಪರಿಹಾರ ಮಾಡಲು, ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಹೊಸ ಭಾವನೆಯನ್ನೇ ಕಲ್ಪಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯುಂಟಾಯಿತು. ಇದೇ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Quantum Theory) ಅಥವಾ ಶಕಲವಾದ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಮತ್ತೊಂದು ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ದಿಕ್ಕಿನಿಂದಲೂ ತರಂಗವಾದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಪ್ರತಿಬಂಧಕವು ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇದೂ ಒಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಘಟನೆ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಸುಮಾರು 1888 ರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಬೆಂಬಲ ಕೊಡುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದವನು ಹರ್‌ಟ್ಜ್. ಇದೇ ಹರ್‌ಟ್ಜ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮತ್ತೊಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದನು. ಇದೇ ದ್ಯುತಿ–ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ (Photo - electric effect). ಸೋಡಿಯಂ, ಪೊಟಾಸಿಯಂ ವರ್ಗಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ಪರಮಾಣುಗಳು, ಬೆಳಕು, ಅತಿನೀಲ ಬೆಳಕುಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳನ್ನು (electrons) ಹೊರಗೆಡಹುವುದೇ ಈ ತತ್ವದ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶ. ಅಂದರೆ, ಬೆಳಕಿಗೂ, ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ಉಂಟಾಗುವ ಘರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೂ, ಅಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಬೀಳುವಂತಾಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಮಾಣುವು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿ ಅದರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಬಂಧನಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಕಳಚುವಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಯಾವ ಕಾಲವಿಲಂಬವೂ ಇಲ್ಲದೆ ($10^{-೮}$ ಸೆಕೆಂಡಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ) ಆಗುವ ಕ್ರಿಯೆ. ಈ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಅಲೆಗಳ ತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಆ ಕ್ರಿಯೆಯು ಪೂರ್ತಿಗೊಳ್ಳಲು ಹಲವು ಘಂಟೆಗಳು ಇಲ್ಲವೇ ದಿವಸಗಳೇ ಬೇಕಾಗುವುದು. ಅಂದರೆ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಬೆಳಕು ಹೊಂದಿರಲಿಕ್ಕಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅರ್ಥ ಬರುತ್ತದೆ ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆಯೇ ಕೊಟ್ಟನು.

ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನವು ಉದಯವಾಗುತ್ತಲೇ, ಈ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರತಿಬಂಧಕಗಳು ತರಂಗವಾದದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಬಂದವು. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ತತ್ವಕ್ಕೆ (classical theory) ಧಕ್ಕೆ ಬಂದು ಅದನ್ನು ಕೈ ಬಿಡುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಬಂದಿತು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ

ಕ್ರಿ. ಶ. 1900 ರಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಂಕ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು (Planck) ಶಾಖದವಿಕಿರಣ Heat Radiation ದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಿದ ಶಕಲವಾದವು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ನೆರವಾಗಿ ಬಂದಿತು. ಅದನ್ನು ಧೈರ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್, ಭೋರ್, ಮುಂತಾದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಶಕಲವಾದವನ್ನೇ ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿದರು, ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಬೆಳಕು ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯುತ ಕಣದಂತೆ ವರ್ತಿಸುವಂತೆ ಭಾವಿಸುವುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು.

8.2. ಶಕಲವಾದದ ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವ—ಫೋಟಾನ್

ಮೇಲೆ ನಿರೂಪಿಸಿದ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್-ಕ್ರಿಯೆ, ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರವೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಹಲವಾರು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಬಂದಿದ್ದ ಕೆಲವು ಪ್ರಮುಖ ಭಾವನೆಗಳಿಗೆ ನೇರವಾಗಿ ವಿರೋಧವಾಗಿರುವ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನೇ ಮಾಡಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಯಿತು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಶಾಖವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಪ್ಲಾಂಕ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪರಿಹಾರ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ಸಫಲನಾದನು. ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲ. ಆ ವಿಕಿರಣವು ವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ (dis-continuous) ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ. ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಮಾನಗಳನ್ನು (units of energy discrete) ಹೊರಸೂಸುವ ವಿಧಾನ. ಇದನ್ನು ಶಕಲ (quantum) ವೆಂದು ಕರೆದರೆ, ಒಂದೇ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿಕಿರಣದಲ್ಲಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಶಕಲದ ಶಕ್ತಿಮಾನವು ಆ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಅನುರೂಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$E = h\nu \qquad (8.1)$$

ಸೂತ್ರವೇ ಈ ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಧಾನ ಸೂತ್ರ. ಇಲ್ಲಿ $\nu =$ ವಿಕಿರಣದ (Radiation) ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ—ಅಂದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಕಂಪನ ಮಾಡುವ ಆಂದೋಳನಗಳನ್ನು (Oscillators) ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. $E =$ ಒಂದು ಶಕಲದ ಮೊತ್ತ ಶಕ್ತಿ. $h =$ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ $= 6.62 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್-ಸೆಕೆಂಡು. ಶಕ್ತಿವಿಕಿರಣವು ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಶಕಲಗಳ ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆ. ಇವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಪೂರ್ಣಾಂಕ (integral) ಗಳಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು. ಈ ತತ್ತ್ವವೇ ಶಕ್ತಿಗ್ರಹಣಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ.

ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಕ್ರಿ.ಶ. 1905 ರಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದನು. 1913 ರಲ್ಲಿ ಭೋರ್ ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳಿಗೂ, 1922 ರಲ್ಲಿ ಕಾಂಪ್ಟನ್ (Compton) X ಕಿರಣಗಳ ಚದರುವಿಕೆಯ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೂ ವಿಸ್ತರಿಸಿದರು.

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಶಕ್ತಿಮಾನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ದ್ಯುತಿ ಕಣಗಳ

ಸಮೂಹದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ಯುತಿ ಕಣವನ್ನು ಫೋಟಾನ್ (Photon) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಒಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಈ ತತ್ತ್ವವು ಹಿಂದೆ ಕೈಬಿಡಲಾಗಿದ್ದ ನ್ಯೂಟನ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದ ಕಣವಾದವನ್ನು ನೆನೆಪು ಕೊಟ್ಟಿತು. ಇದರ ಕಲ್ಪನೆಯೇ ಬೇರೆ. ಫೋಟಾನ್ ಎಂಬುದು ಶಕ್ತಿಕಣ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕಣ ಮತ್ತು ತರಂಗವಾದಗಳೆರಡೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿವೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಅದರ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು $h\nu$ ಆಗಿದ್ದು, ν ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿದ್ದರಿಂದ, ತರಂಗಭಾವನೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಸಂಗತಿಯೇನೆಂದರೆ :– ಈ ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಕೆಲವು ವಿಶಿಷ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿದ್ದರೂ, ವ್ಯತಿಕರಣ, ನಮನ ಮುಂತಾದ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಮೀಸಲಾದವು. ಇವುಗಳಿಗೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಅನ್ವಯಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಫೋಟಾನಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು

1. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ಅಂಶ (e), ಜಡಾಂಶ (m) ಗಳು ಹೇಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿವೆಯೋ, ಹಾಗೆಯೇ ಫೋಟಾನ್ ಕೂಡ ತನ್ನ ವೈಯುಕ್ತಿಕ ಅಂಗಗಳಾದ 'h' ಮತ್ತು 'C' ಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿಭಜಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲವೋ, ಹಾಗೆಯೇ ಫೋಟಾನ್ ಕೂಡ ಅವಿಭಾಜ್ಯವಾದುದು.

2. ಫೋಟಾನ್ ಕಣದ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು $h\nu$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ν, ಬದಲಾಯಿಸಿದಂತೆ ಅದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ನೀಲಿ ಬೆಳಕಿಗೆ ν ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಕೆಂಪು ಬೆಳಕಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನೀಲಿ ಕ್ವಾಂಟಂ, ಕೆಂಪು ಕ್ವಾಂಟಂಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿ $h =$ ಶಕ್ತಿ x ಕಾಲದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು, ($h = 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್. ಸೆಕೆಂಡು) ಇದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿವೆ. ಇತ್ತೀಚಿನ ಹೊಸ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ,

   $E = (n + \frac{1}{2})\, h\nu$ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ (8.2)
   $n = o$ ಆದರೂ, ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ, ಅದರ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣ (Intensity) ಕ್ಕೂ ಯಾವ ಸಂಬಂಧವೂ ಇಲ್ಲ. ಪ್ರಕಾಶವೆಂದರೆ, ಒಂದು ಸಮೂಹದಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಫೋಟಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅದು ಅವಲಂಭಿಸಿರುತ್ತದೆ.

3. ಎಲ್ಲ ಫೋಟಾನುಗಳೂ ಒಂದೇ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅದು $c=$

ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಫೋಟಾನ್‌ಗೆ ಜಡಾಂಶವು (mass) ಇದೆ.

$$m = \frac{w}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} \qquad (8.3)$$

ಜಡ ವಸ್ತುಕಣಗಳಂತೆಯೇ ಇದಕ್ಕೂ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣವಿದೆ (Momentum)

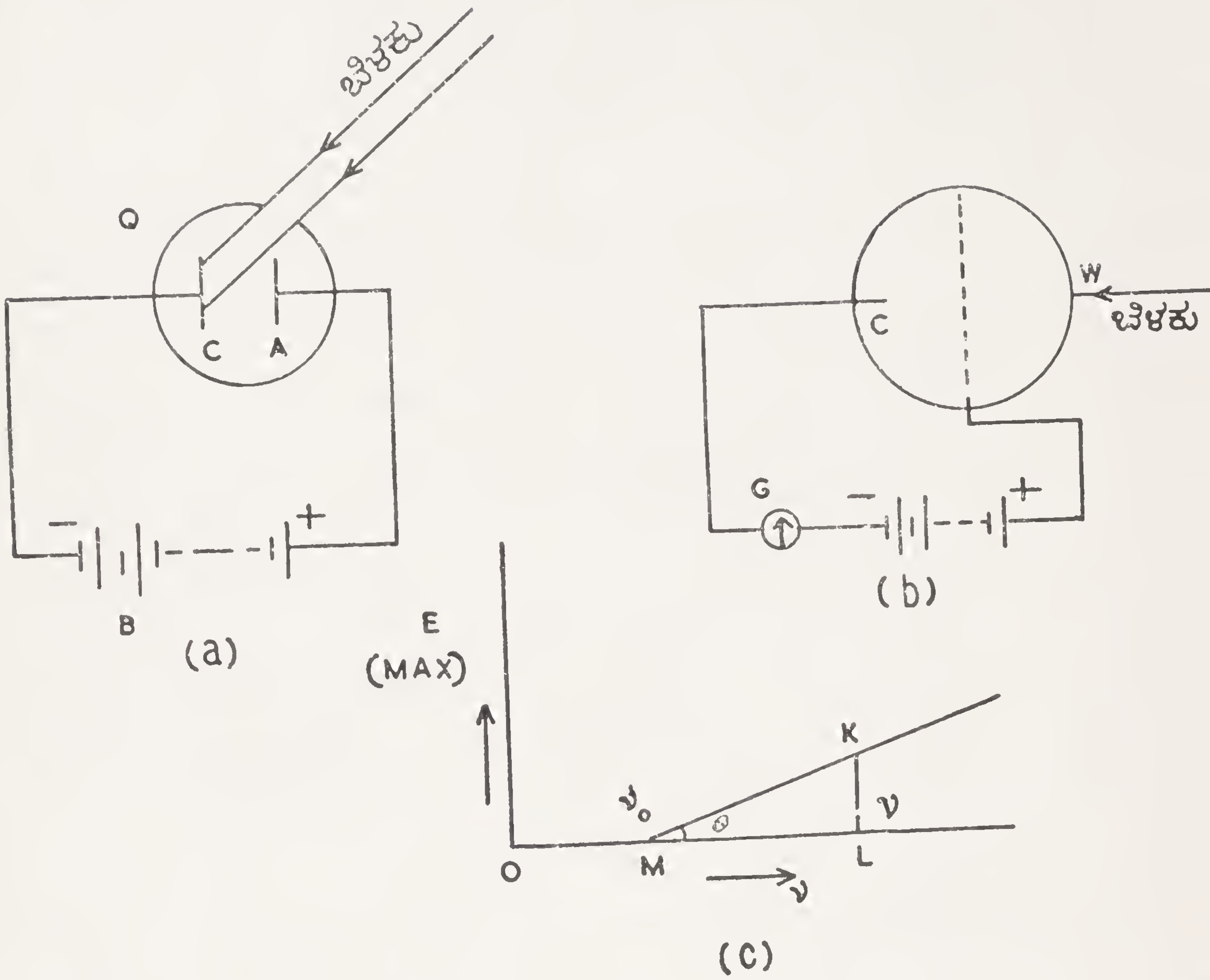
ಇದನ್ನು p ಎಂದ ಕರೆದರೆ $m = \frac{h\nu}{c^2} \cdot p = \frac{h\nu}{c}$ (8.4)

ಈ ಎರಡು ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಕಾಂಪ್ಟನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿ λ – ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಫೋಟಾನ್ ರಚನೆಯನ್ನು ಅನ್ವಯಮಾಡಿ ತನ್ನ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದಾನೆ.

4. ಫೋಟಾನ್‌ಗಳಿಗೆ ವಿದ್ಯುದಂಶ (electrical charge) ವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿದೆ. ಆದರಿಂದಲೇ ಅವುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಪಲ್ಲಟಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

8·3 ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ

ಈಗ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ಹಾಗೂ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕವಾಗಿ ಬಂದಿದ್ದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೂ ಒಂದು ಸವಾಲಾಗಿ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕು – ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದ ಹರ್ಟ್ಜ ವಿಜ್ಞಾನಿಯೇ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಸಂಭವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಒಂದು ಕಿಡಿ ಸಂದಿನಲ್ಲಿ (Spark gap) ಕಿಡಿಗಳು ಹಾರುತ್ತಿರುವಾಗ, ಆ (ಖಾಲಿ) ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಅತಿ ನೀಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರಕಾಶಿಸಿದರೆ, ಆ ಕಿಡಿಗಳು ಇನ್ನೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕವಾಗುವುದನ್ನು ಕಂಡನು. ಇದೇ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹಾಲ್‌ವಾಕ್ಸ್, ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮುಂದುವರೆಸಿ, ಆ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡಿದರು. ಅತಿ ನೀಲಿ, ಅಥವಾ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು (ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು) ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆಂಬುದೇ ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಅರ್ಥ. ಇದೊಂದು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕತ್ವವು ಅಸಮರ್ಥವಾಯಿತು. ಇವರಲ್ಲಿ ವಿಧಿಯ ವಿಲಾಸವೇನೆಂದರೆ, ಹರ್ಟ್ಜ ಮಾಡಿದ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ತತ್ವಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಮತ್ತು ವಿರೋಧ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳು ಕಂಡು ಬಂದುವು.



ಚಿತ್ರ 8.1 ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ

ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ (8.1) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

Q ಎಂಬುದು ಒಂದು ಬೆಣಚುಶಿಲೆಯ ಬಲ್ಬ (Quartz bulb) ಇದರೊಳಗೆ ಇರುವ ಗಾಳಿಯನ್ನೆಲ್ಲ ತೆಗೆದು ಅದನ್ನು ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದೆ. ಇದರೊಳಗೆ A_1B ಗಳು ಎರಡು ಸತುವು ಫಲಕಗಳು. A_1C ಗಳನ್ನು B ಎಂಬ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ (B) ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಬಂಧಿಸಿದೆ. W ಎಂಬ ಕಿಟಕಿಯ ಮೂಲಕ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಅತಿ ನೀಲ ಬೆಳಕು-C ಫಲಕದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ (b) ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾಗಿರುವುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. C ಫಲಕವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದ ಋಣಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕವಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ–ಧನಧ್ರುವಕ್ಕೆ ಬಂಧಿಸಿರುವ A ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಬಿದ್ದರೆ, ಯಾವ ಫಲವೂ ಇಲ್ಲ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಕ್ಕೆ ಕಾರಣವೇನೆಂದರೆ, ಋಣಧ್ರುವವಾದ C ಫಲಕದಿಂದ, ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ.

ಸತುವಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಸೋಡಿಯಂ, ಪೊಟಾಷಿಯಂ, ರುಬಿಡಿಯಂ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳ ಫಲಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೂ, ಇದೇ ವಿಧವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇತ್ತೀಚಿನ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಬಲ್ಬನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಾತವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ, ಹಿಂಭಾಗದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಸೀಸಿಯಂ ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕೆ ಸದೃಶವಾದ ವಸ್ತುವಿನ ಲೇಪವನ್ನು ಮಾಡಿ, ಅದರ ಮುಂದುಗಡೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕವಾಟ (Window) ದ ಮೂಲಕ, ಅತಿ ನೀಲ ಅಥವಾ ನೀಲ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಳಗೆ ಪ್ರವಹಿಸಿ, ಆ ಲೋಹದ ಲೇಪದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. A ಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಮತ್ತೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಧ್ರುವವು ಇರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶದಲ್ಲಿ 100 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ P.D. ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 8.1 (b) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದೇ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ (P.E. cell) ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರಗಳನ್ನು ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾಡುತ್ತ, ಹೊರ ಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊಂದಿರುವ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

8.4 ತಾತ್ವಿಕ ವಿವರಣೆ–ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ಸಮೀಕರಣ

ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಅರ್ಥವನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕು. ಅವು ಹೀಗಿವೆ :

(i) ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವು ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಕಾಶಕ್ಕೆ (intensity) ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(ii) ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣ (Photo-electrons) ಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿ (ಅಥವಾ ವೇಗವು) ಯು ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಅದು ಆ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯೊಡನೆ ನೇರವಾದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು (direct proportionality) ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ನೀಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಹಸಿರು ಬೆಳಕಿನಿದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ತೇಜಿತವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(iii) ಆಪಾತಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಒಂದು ಅಧೋಮಿತಿ (νmin) ಯ ಕೆಳಗೆ ಹೋದರೆ, ಯಾವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೂ ಹೊರಬೀಳುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಅಧೋಮಿತಿಗೆ ಹೊಸಲು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (threshold frequency) ಯೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

(iv) ಈ ಕ್ರಿಯೆಯು ಯಾವ ಕಾಲವಿಲಂಬವೂ ಇಲ್ಲದೆ (ಕ್ರಿಯಾ ಕಾಲವು 10^{-9} ಸೆಕೆಂಡು) ನಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಮೇಲಿನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಒಂದು ಚಿತ್ರರೂಪದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದರೆ, ಅದು ಚಿತ್ರ 8.1 (c)ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತಿದೆ.

OX, OY ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (ν)ಯನ್ನು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿ (E_{Max})ಯನ್ನು ಗುರುತಿಸಿರುತ್ತದೆ.

$OM = \nu_0 =$ ಹೊಸಲು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ

$\nu < \nu_0$ ಆದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಬೀಳುವುದಿಲ್ಲ.

$\nu > \nu_0$ ಆದರೆ, M P ರೇಖೆಯು ಬರುತ್ತದೆ ಅದರಲ್ಲಿ K ಎಂಬುದು ಒಂದು ಬಿಂದುವಾದರೆ $ML = \nu - \nu_0$

$$KL = E_{Max}$$

$$\frac{KL}{ML} = \tan\theta = \text{ನಿಯತಾಂಕ.} \qquad (8.5)$$

ಬೆಳಕಿನ ಯಾವ ತತ್ವವೇ ಆಗಲಿ, ಈ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೆ ಸಮಂಜಸವಾಗಿರಬೇಕು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, ಬೆಳಕು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆ ಎಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಇವುಗಳು ಯಾವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತವೆಯೋ ಅದರ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಆವರಿಸಬೇಕು–ವಿಕಿರಣ ಶಕ್ತಿಯು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ ಇಡೀ ಅಲೆ ಮುಖಕ್ಕೆಲ್ಲ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ಆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಹಲವಾರು ಕೋಟಿಯಿರುವಾಗ, ಅವುಗಳನ್ನು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದನ್ನು ಚುನಾಯಿಸಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಹೊರಡಿಸುವಂತೆ ಆಗಬೇಕಾದರೆ, ಅಸಾಧ್ಯವಾದ ಊಹೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದೆಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅಧಿಕವಾದಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದು ಹೆಚ್ಚಿದಷ್ಟೂ ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗವು ವಿರುದ್ಧವಾಗಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಭಾವವು ಎಲ್ಲ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಪ್ರಸಾರಿಸಿ, ಅವುಗಳು ಆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿ, ಅದರ ಮೂಲಕ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಹೊರಬೀಳಬೇಕಾದರೆ, ಈ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ತಗಲುವ ಕಾಲವು ಹಲವಾರು ದಿವಸಗಳಾದರೂ ಆಗಬಹುದು ! ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಯಾವ ಕಾಲವಿಲಂಬವೂ ಈರುವುದಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆಯೇ ಅಲೆಗಳ ತತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಹೊಸಲು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (νmin)ಗೆ ಅರ್ಥವೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಅಲೆಗಳ ತತ್ವಕ್ಕೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿರೋಧವು ಕಂಡುಬಂದುದರಿಂದ ಆ ತತ್ವವನ್ನು ಕೈಬಿಡುವುದೊಂದೇ ಮಾರ್ಗವಾಯಿತು. ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ

ಕ್ರಿ. ಶ. 1905 ರಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಮರ್ಥಿಸುವಂಥ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಇದೇ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ-ಇದರ ಮೂಲ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ, ಅದನ್ನು ಅನ್ವಯಸಿದರೆ ವಿವರಣೆಯು ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತದೆ.

(i) ಬೆಳಕು ಕ್ರಿಯಾ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಾಗ ಅದು ಫೋಟಾನ್ ಎಂಬ ದ್ಯುತಿ ಕಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಅವರ ಶಕ್ತಿ (ಕ್ವಾಂಟಂ)$=h\nu$.

(ii) ಕ್ರಿಯಾವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದಾಗ, ಒಂದೊಂದು ಫೋಟಾನ್‌ಗೂ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವಿಗೂ ನೇರವಾಗಿ ಸಂಪರ್ಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಕಾಲವಿಲಂಬವೂ ಇಲ್ಲ.

(iii) ಫೋಟಾನ್ ತನ್ನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವು ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿ, ತತ್‌ಕ್ಷಣವೇ ತನ್ನಲ್ಲಿ ಅಭದ್ರಸ್ಥಿತಿಯ ಬಂಧನದಲ್ಲಿರುವ (loose) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಕಳಚುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಕಳಚಿ, ಮೇಲ್ಮೈಗೆ ಬರಲು ಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿ (w) ಯು ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ.

(iv) ಮೂಲ ಫೋಟಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯು w ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಕೀಳುವಂತೆಯೇ ಇಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇದು ಫೋಟಾನ್ ಕಣದ ಕನಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿರಬೇಕು.

$w = h\nu_0$ ಎಂದು ಬರೆದರೆ, $\nu_0 =$ ಕನಿಷ್ಟ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ ಅಥವಾ ಹೊಸಲು ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ. (8.6)

(v) ಫೋಟಾನ್ ಶಕ್ತಿಯು $h\nu > w$ ಆದರೆ, $(h\nu - w) =$ ಉಳಿದ ಶಕ್ತಿಯು, ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಉಚ್ಚ ಶಕ್ತಿ (E_{max}) ಯಾಗುತ್ತದೆ.

(vi) ಹೀಗಾಗಿ, ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ಪ್ರಧಾನ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆಯ ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಿರಬೇಕು.

$$E_{max} = \tfrac{1}{2} v_{max}{}^2 \cdot m = (h\nu - w) = (h\nu - h\nu_0)$$
$$= h(\nu - \nu_0) \qquad (8.7)$$

$$\frac{E}{(\nu - \nu_0)} = h \qquad (8.8)$$

ಚಿತ್ರ (v) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ,

$$\left.\begin{array}{r} E = KL \\ (\nu-\nu_0) = ML \end{array}\right\} \quad \frac{KL}{ML} = \tan\theta = h \tag{8.9}$$

ಅಂದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಈ ರೇಖೆಯು ಬಂದರೆ, ಅದರಿಂದ h ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

(vii) ಈ ನಿರೂಪಣೆಯಿಂದ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಶಕ್ತಿ (E) ಗೂ, ν ಗೂ ಸಂಬಂಧವಿದೆಯೇ ಹೊರತು, ಆಪಾತ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣ ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಬರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ, ಈ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯಾ ಪ್ರಯೋಗವು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಪರ್ವ ಘಟ್ಟವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ.

ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯಾ ಕೋಶಗಳಿಂದ ಹಲವಾರು ಉಪಯೋಗಗಳು ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಇದೊಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಸಾಧನವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಆ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ವರ್ಧನ ಮಾಡಿ ಹಲವಾರು ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಬಹುದು. ಕಳ್ಳಕಾಕರ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮುನ್ಸೂಚನೆ ಕೊಡುವ ಸಾಧನೆಗಳು, ಗಣಕ (Counters) ಗಳು. ಚಲನಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಮಾತನಾಡುವ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವುದು, ದೂರ ದರ್ಶನ (Tele-vision) ಮುಂತಾದವು ಈ ಮುಖ್ಯ ಉಪಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿವೆ.

8.5. ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರ

ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಸ್ಥಾನದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕನ್ನು (ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಿಳಿಯು) ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ (ಪ್ರಿಸಂ) ನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಒಂದು ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿ ಪಥದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವರ್ಣರಂಜಿತ ಮಂಡಲವು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇದರ ಎರಡು ಅಂಚುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕೆಂಪು, ಊದಗಳಿದ್ದು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಹಲವಾರು ಇತರ ಬಣ್ಣಗಳು ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನೇ ನಾವು ವರ್ಣಪಟಲ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇದು ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಪಟಲ. ಮೂಲ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಬಣ್ಣಗಳ ಸಮೂಹವಿದ್ದು, ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಿರಣಗಳು ಗಾಜಿನ ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಅದರೊಳಗೆ ವಿವಿಧ ದಿಕ್-ಚ್ಯುತಿ (deviations) ಗಳಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಅವು ಹೊರಬಿದ್ದು, ಒಂದು ಪಟಲದಲ್ಲಿ ಹರಡಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ನಾವು ವಿಶ್ಲೇಷಣ (dispersion) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಿಂದ ದೃಶ್ಯ ವರ್ಣಪಟಲವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ ಇದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ತರಂಗಾಂತರಗಳೆಲ್ಲವೂ ಅಡಗಿವೆ ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾಪಕದ ಮೂಲಕ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ದೃಶ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಪಟಲದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ನೂರಾರು–ಸಾವಿರಾರು ಕಪ್ಪು ಗೆರೆಗಳು ಎಲ್ಲ ಬಣ್ಣ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನೂ ಫ್ರನ್ ಹಾಫರ್ ರೇಖೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. (Fraunhafer lines)

ಬುನ್‌ಸನ್ ಜ್ವಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಸೋಡಿಯಂ, ಲಿಥಿಯಂ, ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಮುಂತಾದ ಹಲವು ವಸ್ತುಗಳ ಕ್ಷಾರಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾಪಕದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಲ್ಲಿ ನಮಗೆ ಅಖಂಡ ವರ್ಣಪಟಲವು ಕಾಣಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಸೋಡಿಯಂ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ 1 ಅಥವಾ ಬಹಳ ಹತ್ತಿರ ಇರುವ 2 ಚೂಪಾದ ರೇಖೆಗಳು ಮಾತ್ರ ಹಳದಿ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ. ಉಳಿದಿದ್ದೆಲ್ಲ ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರದೇಶ. ಕ್ಯಾಡ್ಮಿಯಂ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶ ಕೆಂಪು ರೇಖೆಯೂ, ಒಂದು ಹಸಿರು ರೇಖೆಯೂ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ರೇಖೆಗಳೂ ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ. ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶದ ಹಿನ್ನೆಲಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಪ್ರಕಾಶ ಗೆರೆಗಳು ಮಾತ್ರ ಬಿಡಿ ಬಿಡಿಯಾಗಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ವರ್ಣ ಪಟಲವನ್ನು ರೇಖಾ ವರ್ಣಪಟಲ (Line spectrum) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ವರ್ಣಪಟಲಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಕೆಂಪು ಪ್ರಕಾಶ ಪಟ್ಟಿಗಳು (Bands) ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ಅಷ್ಟು ಚೂಪಾಗಿರದೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಗಲವಾಗಿದ್ದು, ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಶೀಲನೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸಣ್ಣ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುವಂತೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಮೊನಚಾದ ಅಂಚು (edge) ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪಟ್ಟಿಯ ಶಿರಸ್ಸು (Band Head) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ವಸ್ತುವಿಗೂ, ಅದರಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕಿಗೂ ಏನಾದರೂ ಒಂದು ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯ ಲಕ್ಷಣವಿರಬೇಕು ಎಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು. ನಮಗೆ ಈಗ ಗೊತ್ತಿರುವ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದೊಂದು ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅದರ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿರುವ ಆಂದೋಳಕಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ಲಕ್ಷಣವು ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ವರ್ಣಪಟಲದಿಂದ ಅದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಗೊತ್ತು ಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ವರ್ಣಪಟಲಶಾಸ್ತ್ರವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು.

ಇದಕ್ಕೆ ಆಧಾರಭೂತವಾಗಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಿ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

ಮೊದಲು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಉಜ್ವಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ತಂದು ಅವುಗಳಿಂದ ಬೆಳಕು ಹೊರಸೂಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಘನ, ದ್ರವ, ಮತ್ತು ಅನಿಲ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಉಜ್ವಲ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ತರಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುವು ಹೀಗಿವೆ

1. ಜ್ವಾಲಕ ವರ್ಣಪಟಲ

ಇದು ಸೋಡಿಯಂ, ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಲೋಹದ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಕಲ್ನಾರು (asbestos) ಬಟ್ಟೆಯನ್ನು ಸುತ್ತಿ ಅದನ್ನು ಆ ವಸ್ತುಗಳ ಕ್ಲೋರೈಡ್ (ಅಥವಾ ಬೇರೆ ದ್ರಾವಣ) ದ್ರಾವಣಗಳಲ್ಲಿ ಅದ್ದಿ ಬುನ್‌ಸೆನ್ ಜ್ವಾಲೆಯಲ್ಲಿಡುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳು ಹಬೆಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದು ಉಜ್ವಲಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ವೈಯುಕ್ತಿಕ ಬಣ್ಣಗಳು – ಹಳದಿ – ಕೆಂಪು ಇತ್ಯಾದಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಬೆಳಕನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾಪಕಗಳಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

2. ನಿರ್ವಾತ ನಾಳಿಕೆ (Vacuum Tube)

ಇದೊಂದು ಉದ್ದವಾದ ಗಾಜು ನಾಳಿಕೆ – ಇದರಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಗಾಳಿಯನ್ನೆಲ್ಲಾ ತೆಗೆದು ಮೊಹರು ಮಾಡಿ, ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ತೂರಿಸಿ, ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಚೋದಕ ಕುಂಡಲಿ (Induction Coil) ಯ ಸೆಕೆಂಡರಿ ತುದಿಗಳ ಮೂಲಕ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಉತ್ಸರ್ಜನ (electrical discharge) ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಒಂದು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬೆಳಕು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಹಲವಾರು ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಅಂದರೆ, ಜಲಜನಕ, ಹೀಲಿಯಂ, ಸಾರಜನಕ – ಇತ್ಯಾದಿ ಇದು ಬಹು ಉಪಯೋಗವಾದ ವಿಧಾನ.

3. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಿಡಿ (Electrical spark)

ಇದು ಲೋಹಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೂ ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿಗೂ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಚೋದಕ ಕುಂಡಲಿಯೇ ಬೇಕಾಗಿದ್ದು ಅದರಿಂದ ಲೋಹದ ಕಡ್ಡಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಹತ್ತಿರ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಕಿಡಿಯು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಕಿಡಿ ವರ್ಣಪಟಲವು ಬರುತ್ತದೆ.

4. ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಪ (Arc)

ಇಂಗಾಲ, ಕಬ್ಬಿಣ, ತಾಮ್ರ ಮುಂತಾದ ಲೋಹದ ತುಂಡುಗಳ ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಪವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದರೆ, ಬಹಳ ಪ್ರಕಾಶಮಾನ ವಾದ ಬೆಳಕು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಪಾದರಸದ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು ಈ ವಿಧಾನವು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದೆ.

5. ಹಬೆ ದೀಪಗಳು (Vapour lamps)

ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಸೋಡಿಯಂ, ಪಾದರಸ ಹಬೆ ಮುಂತಾದ ಹಬೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ದೀಪಗಳು ರೂಢಿಯಲ್ಲಿವೆ. ಆ ಹಬೆಗಳು ಉಜ್ವಲಿತವಾಗಿ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಸೂಸುತ್ತವೆ.

ಹೀಗೆ, ಎಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಉತ್ತೇಜಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಬೆಳಕನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು.

ಈ ವಸ್ತುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅವುಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿಭಜನೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತವೆ:

1. **ಅಖಂಡ ಅಥವಾ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ** ಪಟಲ (Continuous) ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಘನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಉತ್ತೇಜಿತವಾಗಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಈ ವಿಧವಾದ ಪಟಲವು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕೆಂಪು ಅಂಚಿನಿಂದ ಊದ ಅಂಚಿನವರೆವಿಗೆ ಎಲ್ಲ ತರಂಗಾಂತರಗಳೂ ಅಡಗಿವೆ.
2. **ರೇಖಾವರ್ಣಪಟಲ** (Line spectra) ಅನಿಲಗಳು ಮತ್ತು ಹಬೆಗಳು ಇವುಗಳಿಂದ ಹೊರಡುವ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಚೂಪಾದ ಬಿಡಿ ರೇಖೆಗಳು, ಶೂನ್ಯ ಪ್ರಕಾಶದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ, ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಮೂಲಸ್ಥಾನಗಳು ಆಯಾ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣುಗಳು ಎಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದೆ.
3. **ಪಟ್ಟೆ ವರ್ಣಪಟಲ** (Band spectra) ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಚೂಪಾದ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಅಗಲವಾದ ಪಟ್ಟಿಗಳ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ಹಂಚಿರುತ್ತವೆ. ಹಿಂದೆಯೇ ಹೇಳಿರುವಂತೆ, ಒಂದೊಂದು ವರ್ಣಪಟ್ಟಿಯೂ ಹಲವಾರು ಚೂಪು ರೇಖೆಗಳ ಸಮೂಹ ಇವುಗಳ ಮೂಲಸ್ಥಾನಗಳು ವಸ್ತುಗಳ ಅಣುಗಳು ಎಂದು ತಿಳಿದುಬಂದಿದೆ.

ನಿಃಸರಣ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣ ವರ್ಣಪಟಲಗಳು (Emission & Absorption Spectra)

ಇದುವರೆವಿಗೂ ತಿಳಿಸಿದ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ವಸ್ತುಗಳ ಉತ್ತೇಜನದಿಂದ ಅವುಗಳಿಂದ ವಿಕಿರಣವಾಗುವ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿವರಿಸಿದೆ. ಹೀಗೆ ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕನ್ನು ನಿಃಸರಣ ವರ್ಣಪಟಲದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ದೀಪದಿಂದ ಬರುವ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ ಅದರ ವರ್ಣಪಟಲವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಈ ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉತ್ತೇಜಿತ ಹಬೆಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ನಮಗೆ ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾಪಕದ ದೃಶ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸುವ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅಖಂಡ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶರಹಿತವಾದ ಗೆರೆಗಳೋ ಪಟ್ಟಿಗಳೋ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಇದು ಏನನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತರ್ಕಿಸಿದರೆ, ಆ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಹಣ (aborption) ಆಗಿರಬೇಕು. ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರುವ ಹಬೆಯು ತನ್ನದೇ ಆದ ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಮೂಲವರ್ಣಪಟಲದಿಂದ ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈ ಗ್ರಹಣವೇ ಆ ಪ್ರಕಾಶರಾಹಿತ್ಯಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಇಂಥ ಅಪೂರ್ಣವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ಗ್ರಹಣವರ್ಣಪಟಲವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಗ್ರಹಣವಾಗಿರುವ ಕಪ್ಪು ಪ್ರದೇಶಗಳ ಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ, ಗ್ರಾಹಕ ಹಬೆಯ ರಚನೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ನೋಡಿದರೆ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ರೀತಿಯ ಗ್ರಹಣಪಟಲವು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ನೂರಾರು ಕಪ್ಪುಗೆರೆ (dark lines) ಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವುದರಿಂದ ಸೂರ್ಯ ಮಂಡಲದ ಬೆಳಕಿನ ಚರಿತ್ರೆಯನ್ನು ತಿಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಒಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಹೇಳಿರುವಂತೆ "ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿರುವ ಫ್ರನ್‌ಹಾಫರ್ ಗೆರೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸೂರ್ಯನು ತನ್ನ ಆತ್ಮಚರಿತ್ರೆಯನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿದ್ದಾನೆ".

ಈ ಸ್ಥೂಲ ವಿಮರ್ಶೆಯಿಂದ ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೂಲಕವೇ ಎಲ್ಲ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯೂ ತಿಳಿಯಬಂದಿದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥಗಳ ಗಾತ್ರಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಅವುಗಳನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಇದು ಒಂದು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮತ್ತು ಖಚಿತ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ಮಾಡತಕ್ಕ ವಿಧಾನವಾಗಿ ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದು ಅಂತರ್ಯ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಸೋಡಿಯಂ ಬೆಳಕನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದು 10^{-9} ಗ್ರಾಂ ಅಥವಾ ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಅದರ

ವೈಯುಕ್ತಿಕ ಹಳದಿ ರೇಖೆಯು ನಿಸ್ಸಂಶಯವಾಗಿಯೂ, ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಯೂ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರ ತತ್ವವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೆ ಈಗ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು.

8·6 ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ – ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿ

ಈ ವಿಧಾನದ ಮುಖ್ಯ ತತ್ವವನ್ನು ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿಯೇ ಕಿರ್ಷಾಫ್, ಬುನ್‌ಸನ್ ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದರು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಯಾವುದೇ ಮೂಲಭೂತ ವಸ್ತುವಾಗಲಿ, ಸೂಕ್ತವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಉತ್ತೇಜಿತವಾಗಿ, ಬೆಳಕನ್ನು ಹೊರಸೂಸಿದರೆ, ಆ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ವೈಯುಕ್ತಿಕ ರಚನೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅದರ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿರುವ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಆ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಮೀಸಲಾಗಿರುತ್ತವೆ. 5890 A° ತರಂಗದೂರದ ಹಳದಿ ರೇಖೆಯು ಎಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದರೂ ಅದು ಸೋಡಿಯಂಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟೇ ಇರಬೇಕು. ಮೂಲಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಥವಾ ಮೂರು ವಸ್ತುಗಳ ಬೆಳಕು ಮಿಶ್ರವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದರ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದಕ್ಕೂ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಬಹುದು.

ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ತತ್ವವು ಗ್ರಹಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಅದು ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತದೆ "ಉತ್ತೇಜಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಯಾವ ಅನಿಲವೇ, ಹಬೆಯೇ ಆಗಲಿ, ಎಲ್ಲ ತಾಪ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ತನ್ನ ವೈಯುಕ್ತಿಕ ವರ್ಣಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ (ತರಂಗಾಂತರಗಳ) ಬೆಳಕನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು. ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ಸೋಡಿಯಂ ಹಬೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ಈ ಹಬೆಯು ತನ್ನ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವಾದ ಹಳದಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ಗ್ರಹಣಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು D ರೇಖೆಯೆಂದು ಹೇಳಿದರೆ, D ರೇಖೆಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಪ್ಪುಗೆರೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಮೂಲಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಈ D ರೇಖೆಯ ಪ್ರಕಾಶವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಅದು ಗ್ರಹಣವಾಗಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಕಡಿಮೆ ತಾಪಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಸೋಡಿಯಂ ಹಬೆಯ ಬೆಳಕು ಮಂಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಗ್ರಹಣವಾದ ಸ್ಥಾನವು, ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕಿಂತ ಶಕ್ತಿಹೀನವಾಗಿದ್ದು ಕಪ್ಪಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿರುವ ಕಪ್ಪುಗೆರೆಗಳನ್ನು ಫ್ರುನ್‌ಹಾಪರ್ ಗೆರೆಗಳೆಂದು ಕರೆದು ಅವುಗಳನ್ನು A, B, C, D ಅಕ್ಷರಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಸಾವಿರಾರು ಕಪ್ಪುಗೆರೆಗಳ ತರಂಗದೂರಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ಖಚಿತವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ. ಇವುಗಳ ಕಾರಣವನ್ನು ಹೀಗೆ ಊಹಿಸಬಹುದು. ಸೂರ್ಯಮಂಡಲದ ಮಧ್ಯ ಭಾಗದ ಗರ್ಭದಲ್ಲಿ (Core) ಸುಮಾರು ಎರಡು ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿಗಳ ಶಾಖವಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಫೋಟೋಸ್ಫಿಯರ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಸಾವಿರಾರು ಮೈಲಿಗಳ ಆಚೆ ಹೊರಮಂಡಲದ

ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ವರ್ಣಮಂಡಲ (Chromo-sphere) ವು ಸುಮಾರು 6000° – 7000° ತಾಪದಲ್ಲಿದೆ. ನಮ್ಮ ಪೃಥ್ವಿಯಲ್ಲಿ ಕಾಣುವ ವಸ್ತುಗಳೂ ಆ ಮಂಡಲ ದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಸೂರ್ಯನ ಮಧ್ಯಭಾಗದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಅಪಾರ ಕಾಂತಿಯು ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ವರ್ಣಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ತಮ್ಮ ವೈಯುಕ್ತಿಕ ಬೆಳಕುಗಳ ಅಂಗಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಹೀರುತ್ತವೆ. ಈ ಗ್ರಹಣವಾದ ಪ್ರದೇಶ ಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲ ಕಾಂತಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಮಂಕು ಗೆರೆಗಳು ಮಾತ್ರ ಉಳಿಯುತ್ತವೆ, ಇವು ಗಳೇ ನಮಗೆ ಕಾಣುವ ಫ್ರನ್‌ಹಾಪರ್ ಗೆರೆಗಳು. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಈ ಗೆರೆಗಳ ಮೂಲಕ ನಮಗೆ ಸೂರ್ಯ ಮಂಡಲದ ಹೊರಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪೃಥ್ವಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ಸುಮಾರಾಗಿ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು ಎಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಸ್ವಾರಸ್ಯವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಗೆರೆಯು ಮೊದಲು ಸೂರ್ಯನ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಂಡು, ನಂತರ ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ವಾಯು ಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಈ ಅನಿಲವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವುದನ್ನು ನಂತರ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲಾಯಿತು. ಇಂಥ ಹಲವಾರು ನಿದರ್ಶನಗಳಿಂದ ವರ್ಣಪಟಲದ ಪ್ರಮುಖ ಉಪಯೋಗವು ವ್ಯಕ್ತವಾಗಿದೆ.

8·7 ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಶ್ರೇಣಿಗಳು (Spectral series)

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಹೊರ ಬಿದ್ದುವು. ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರಗಳನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾಪಕಗಳ ಮೂಲಕ ತೆಗೆದ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರಗಳಿಂದ (Spectrograms) ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿದು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಕ್ರಮವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ವರ್ಣ ಪಟಲಗಳು ದೃಶ್ಯ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿಯೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಅತಿ ನೀಲ ಮತ್ತು ರಕ್ತಾತೀತ (ultra-violet & infra-red) ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸೂಕ್ತ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ಗುರುತಿ ಸಲ್ಪಟ್ಟವು.

ಕ್ರಿ.ಶ. 1885 ರಲ್ಲಿ ಬಾಮರ್ (Balmer) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣ ಪಟಲದ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಸಂಶೋಧಿಸಿದರ ಫಲವಾಗಿ ಆ ರೇಖೆಗಳ ತರಂಗದೂರಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸೂತ್ರ ರೂಪದಲ್ಲಿಡಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು.

λ ಎಂಬುದು ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ಅವನ ಸೂತ್ರವು ಹೀಗಿದ್ದಿತು.

$$\lambda = 3647 \frac{n^2}{n^2-4} (A^\circ) \; [1A^\circ = 10^{-8} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ}] \qquad (8.10)$$

n = ಪೂರ್ಣಾಂಕ = 3, 4, 5...... ....

ಇದನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆದರೆ

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \text{ತರಂಗ ಸಂಖ್ಯೆ (Wave Number)}$$

$$= R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (8.11)$$

R = ನಿಯತಾಂಕ. n = 3, 4, 5...... ....

n = 3 ಆದರೆ, $\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right)$ ಇದು $H\alpha$ ರೇಖೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

$$R = 108678 \text{ cm}^{-1} = \text{ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ನಿಯತಾಂಕ}$$

(ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿದ ಮೌಲ್ಯ) (8.12)

ಈ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ

$H\alpha$ ರೇಖೆಯ $\lambda = 6563\ A^\circ$ ಆಗುತ್ತದೆ.

n = 4. ಆದರೆ, $H\beta$ ಅದರ $\lambda = 4861$ ....

ಹೀಗೆ ದೃಶ್ಯಪಟಲದಲ್ಲಿರುವ ಪ್ರಮುಖ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲಾಯಿತು. ಅತಿ ನೀಲಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಲೈಮಾನ್ (Lyman) ಒಂದು ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದನು, ಅದು ಹೀಗಿದ್ದಿತು

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad n = 2, 3, 4...... \ ...... \qquad (8.13)$$

ಹೀಗೆಯೇ, ಪಾಷನ್ ಮುಂತಾದವರು ಬೇರೆ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಇದೇ ರೂಪದ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು – ಇವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಒಂದೇ ಒಂದು ಸೂತ್ರವು

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad R = 109768 \text{ cm}^{-1}$$

ರಿಡ್‌ಬರ್ಗ್ ನಿಯತಾಂಕ

(8.14)

m = 1, n = 2, 3.... ....ಲೈಮಾನ್ ಶ್ರೇಣಿ

m = 2 n = 3, 4.... ....ಬಾಮರ್ ಶ್ರೇಣಿ

m = 3 n = 4, 5.... ....ಪಾಷನ್ ಶ್ರೇಣಿ–ಇತ್ಯಾದಿ

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹಲವು ವಸ್ತುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಸರಳವಾದ ಸಂಬಂಧಕ ಸೂತ್ರವು ಇರುವುದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಈ ಸೂತ್ರಗಳೆಲ್ಲಕ್ಕೂ

ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಆಧಾರವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ಕೇವಲ ಅನುಭವ ಸೂತ್ರ (empirical) ಗಳೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಅವುಗಳಿಗೆ ಅರ್ಥವನ್ನು ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತಳ ಹದಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಕಾಣಲು ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳು ಬೇಕಾಯಿತು. ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಖಚಿತವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟು ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಗೂ ವರ್ಣಪಟಲಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ ವನ್ನು ಎತ್ತಿಹಿಡಿದ ಕೀರ್ತಿಯು ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗೆ ಸಲ್ಲತಕ್ಕದ್ದು.

8.8 ಭೋರ್ ತತ್ತ್ವ ಬೆಳಕಿನ ಶಕಲ ವಾದ

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಅಂತ್ಯದ ಐದು ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹಲ ವಾರು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಕಂಡುಬಂದುವು. ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣಗಳ ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಗುಣಗಳು ಮೊದಲು ಪರಿಶೋಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು. ಇದರಿಂದ ಆ ಕಿರಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಋಣವಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಮೌಲ್ಯವು $e = 4.8 \times 10^{-10}$ e.s.u. ಮತ್ತು ಅದರ ಜಡಾಂಶ $m = 9.1 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ ಎಂದೂ ಗೊತ್ತಾದುವು. ಅಲ್ಲಿಯವರೆವಿಗೆ ಅತಿ ಹಗುರವಾದ ಕಣವೆಂದರೆ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದಿತು. ಈ ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣದ ಜಡಾಂಶವು ಅದರ $\frac{1}{1840}$ ಭಾಗವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಜಡಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಯಿತು. ಇನ್ನೂ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲವಾಗಿ, ಕ್ಯಾಥೋಡ್ ಕಿರಣವೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಒಂದು ರೂಪವೆಂದು ಗೊತ್ತಾ ಯಿತು. ಈ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವೇ, ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಟ ಜಡಾಂಶ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಟ ವಿದ್ಯುದಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಶೇಷ ಕಣವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಇಂದಿಗೂ ಆ ಸ್ಥಾನವು ಅದಕ್ಕೆ ಉಳಿದಿದೆ. X – ಕಿರಣಗಳು, ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ, ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ ಮೊದಲಾದ ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಹೊರಬಿದ್ದವು. ಇದರಿಂದ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಯುಗವೇ ಆರಂಭವಾಗಿ ಅದನ್ನು ನವೀನ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರವೆಂದು ಗಣಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪ್ರಮುಖ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಹೊರಬಿದ್ದ ಪ್ರಮುಖ ಅಂಶವೆಂದರೆ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪರಮಾಣುವು ಅಚ್ಛೇದ್ಯವೆಂದು ತಿಳಿಯಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಆ ಭಾವನೆಯನ್ನು ತೊಡೆದುಹಾಕಿ ದವು. ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಭೇದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದೂ ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ರಚನೆಯು ಇದೆಯೆಂದೂ ಗೊತ್ತಾಯಿತು. 1900-1912 ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಹಲವಾರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೆ ಒಂದು ಆಕೃತಿ ಯನ್ನು ರಥರ್ ಫರ್ಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ರೂಪಿಸಿದನು. ಇದಕ್ಕೆ ಬೀಜ ಪರಮಾಣು

ಆಕೃತಿ (Nuclear Atom Model) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಿವೆ.

1. ಬೀಜ (Nucleus) ಇದರ ಗಾತ್ರವು ಸುಮಾರು 10^{-12} ಸೆಂ.ಮೀ. ತ್ರಿಜ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವುದು ಒಟ್ಟು ಘನ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣ $(+Ze)$ ಇಲ್ಲಿ Z = ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ (Atomic Number) ಇದು ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ 1, ಹೀಲಿಯಂಗೆ 2...... ಆಗಿ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಯುರೇನಿಯಂಗೆ $Z = 92$ e = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ವಿದ್ಯುದಂಶ ಪ್ರಮಾಣ.

2. ಬೀಜದಿಂದ ಸುಮಾರು 10^{-8} ಸೆಂ.ಮೀ. (ಇದನ್ನೇ ಪರಮಾಣುವಿನ ತ್ರಿಜ್ಯವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು) ದೂರದಲ್ಲಿ ಋಣವಿದ್ಯುದಂಶ $(-e)$ ದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವರ್ತುಲ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

3. ಪರಮಾಣುವಿನ ಒಟ್ಟು ವಿದ್ಯುದಂಶವು ಶೂನ್ಯವಾಗಿರುವುರಿಂದ, ಅದರಲ್ಲಿ ರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು Z (ಪರಮಾಣು ಸಂಖ್ಯೆ) ಯೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಈ ರಚನೆಯನ್ನೇ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಪರ ಮಾಣುವಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅವುಗಳಿಂದ ಆ ಮೂಲ ಭೂತ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪರ ಮಾಣುವು ಸುಭದ್ರ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದುದು ಅವಶ್ಯಕ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ, ಬೀಜ ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸುವ್ಯವ ಸ್ಥಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಬೇಕಾದುದು ಅಗತ್ಯ.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಅದರ ವೈಯುಕ್ತಿಕ ವರ್ಣಪಟಲದೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ತೊಡಕಿನ ಸಮಸ್ಯೆಯು ತಲೆದೋರಿತು.

ರಥರ್‌ಫರ್ಡ್ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ತನ್ನ ವರ್ತುಲ ಪಥ ದಲ್ಲಿ ಬೀಜದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಅದರಿಂದ ಶಕ್ತಿ ವಿಕಿರಣವಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಶಕ್ತಿಯು ನಷ್ಟವಾದರೆ ಅದರ ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಕೊನೆಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಬೀಜದೊಳಗೆ ಲೀನವಾಗಬೇಕಾಗುವ ಸ್ಥಿತಿ ಬರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆ ಆಗುವು ದಾದರೆ, ಪರಮಾಣುವೇ ತನ್ನ ಅಸ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಒಂದು ಅಸಾಧ್ಯವಾದ ಮತ್ತು ನಂಬಲಾಗದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ. ಪರಮಾಣುಭದ್ರ ರಚನೆ

ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದು ವಾಸ್ತವ್ಯವಾದ ಸಂಗತಿ. ಅದನ್ನು ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದುದು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಅವಶ್ಯಕ.

ಪರಮಾಣುವು ಭದ್ರ ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ, ಅದು ಭದ್ರವಾದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವಂತಿಲ್ಲ, ಇದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಮೇಯ. ಅದನ್ನು ಒಂದೇ ಸಲ ತೊಡೆದು ಹಾಕಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಯಾರಾಗಿರಲಿಲ್ಲ. ಈ ಸಂದಿಗ್ಧ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಭೋರ್ (Bohr) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಧೈರ್ಯಮಾಡಿ ಸವಾಲನ್ನು ಎದುರಿಸಿ, ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತತ್ವವನ್ನೇ ತೆಗೆದು ಹಾಕಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಕ್ವಾಂಟಂನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಇವುಗಳ ಮುಖ್ಯ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ, ಅವುಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಭದ್ರತೆಗೆ ಅಪಾಯವಿಲ್ಲದಂತೆ, ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಹೊಸ ರೂಪ, ಅರ್ಥಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟು, ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಅವಕಾಶವಾಯಿತು. ಈ ದೊಡ್ಡ ಸಾಹಸಕ್ಕೆ ಭೋರ್‌ಗೆ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು ದೊರಕಿದ್ದು ಏನೂ ಆಶ್ಚರ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಈಗ ಭೋರ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಮುಖ್ಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು

1. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ತನ್ನ ವರ್ತುಲ ಪಥದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವಾಗ, ಅದು ಎಲ್ಲ ವೃತ್ತಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಹಾಗೆ ಇರಲು ಅವಕಾಶವೂ ಇಲ್ಲ. ಕೆಲವೇ ವಿಶಿಷ್ಟ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಅದು ಸುತ್ತಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಅದು ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಬಂಧನೆಗೆ ಒಳಪಡುತ್ತದೆ.

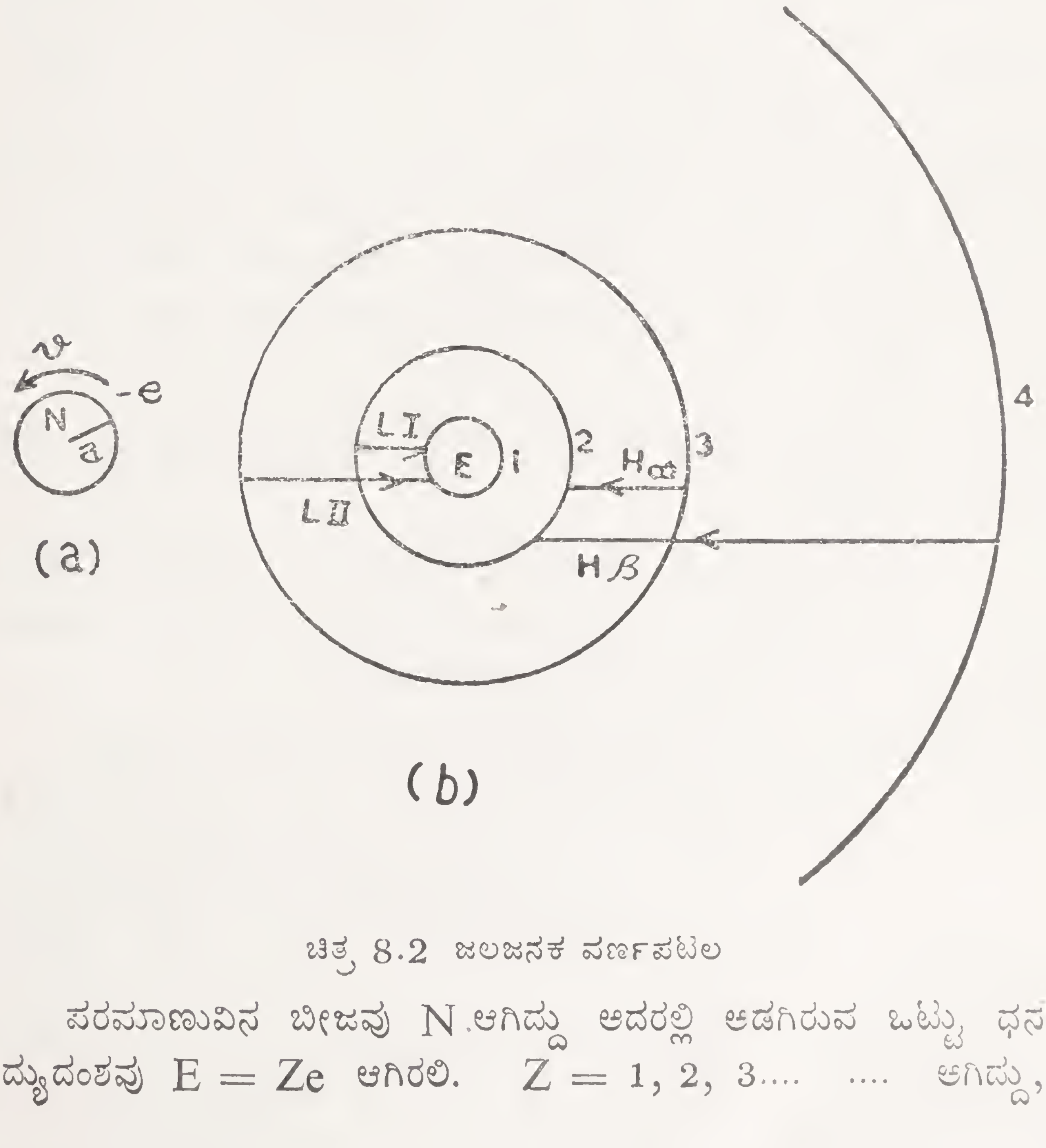
2. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಮೀಸಲಾಗಿರುವ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವಾಗ ಅದರಿಂದ ಶಕ್ತಿಯೂ ವಿಕಿರಣವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂಥ ಪಥಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾಯೀಪಥ (Stationary orbits) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯು ನೇರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ತತ್ವಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾದರೂ, ಅದು ತಂದೊಡ್ಡಿದ್ದ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವು ಹೋದಂತಾಯಿತು.

3. ಒಂದೊಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪಥದಲ್ಲಿರುವಾಗಲೂ, ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು ಇರುತ್ತದೆ. ದೂರವಾಗಿರುವ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, ಬೀಜವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವಾಗ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ದೂರದ ಪಥದಿಂದ ಸಮೀಪ ಪಥಕ್ಕೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಕಿರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ (ಅಥವಾ ಗೊತ್ತಾದ

ತೆರಂಗಾಂತರದ) ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಯು ಉದ್ಭವವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಕೂಡ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆ.

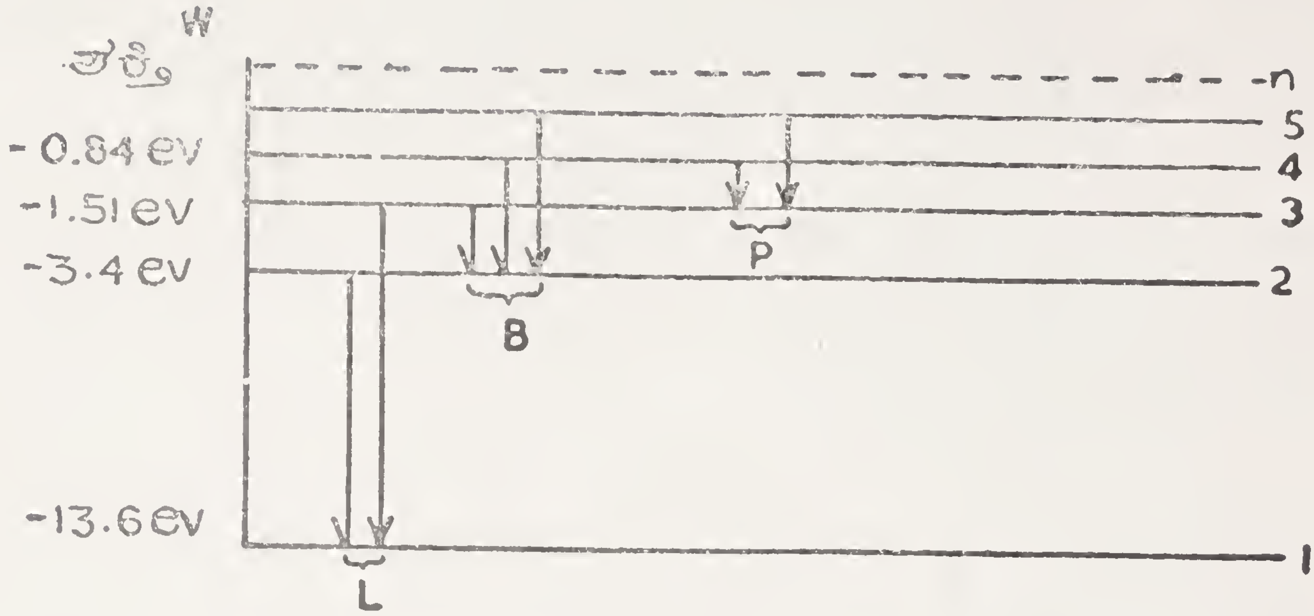
ಈ ಮೂರು ಪ್ರಧಾನ ಅಂಶಗಳಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಯೋಗವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿತು. ಹಾಗೂ, ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಕೈಬಿಟ್ಟ ಹಾಗಾಯಿತು ಮತ್ತು ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಗೂ ಸಂಬಂಧ ವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದಂತಾಯಿತು.

ಹೀಗಾಗಿ ಇದು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪಕ್ಕೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿ ಅದು ಫೋಟಾನ್ ಕಣದ ರೂಪದಲ್ಲಿರಬೇಕಾದುದು ಅನಿವಾರ್ಯವಾಯಿತು. ಈಗ ಭೋರ್ ಈ ತತ್ತ್ವಗಳ ಮೂಲಕ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಸಮಂಜಸವಾದ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕೊಟ್ಟನು. ಅದರ ಸ್ಥೂಲ ನಿರೂಪಣೆ ಯನ್ನು ಈಗ ನೋಡಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 8.2 ಜಲಜನಕ ವರ್ಣಪಟಲ

ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜವು N ಆಗಿದ್ದು ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಒಟ್ಟು ಧನ ವಿದ್ಯುದಂಶವು $E = Ze$ ಆಗಿರಲಿ. $Z = 1, 2, 3 \ldots \; \ldots$ ಆಗಿದ್ದು,



(C)

ಚಿತ್ರ 8.2 ಜಲಜನಕದ ವರ್ಣಪಟಲ

ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ Z = 1. ಅದರ ಸುತ್ತ 'a' ತ್ರಿಜ್ಯದ ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ (–e) ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಭೋರ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಈ ವೃತ್ತಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ($a_1, a_2, \cdots \cdots a_n$) ಹೊಂದಿರಬೇಕು. ಇವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು 1, 2, 3.... ....ಗಳಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಯೆಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಒಂದೊಂದು ಪಥದಲ್ಲಿರುವಾಗಲೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣವು ಇದೆ. ಇದು ಚಲನ ಮತ್ತು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ ಶಕ್ತಿಗಳ ಮೊತ್ತವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ, W_1, $W_2, \ldots$ W_n ಆಗಿರಲಿ.

m = ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದ ಜಡಾಂಶ ಮತ್ತು ವೃತ್ತದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವಾಗ ಅದರ ವೇಗವು v ಆಗಿರಲಿ.

ಮೊದಲು ಜಲಜನಕದ ಮಾದರಿಯ ಪರಮಾಣು – ಅಂದರೆ, ಬೀಜದಲ್ಲಿ (E = Ze) ವಿದ್ಯುದಂಶ – ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದೇ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಋಣಕಣ. Z = 1 ಆದರೆ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವೇ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಚಲನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸೂತ್ರಗಳು ಹೀಗಿವೆ. (ಚಿತ್ರ 8.2 (a)

$$\frac{Ee}{a^2} = \frac{mv^2}{a}$$ (ವರ್ತುಲ ಚಲನೆಗೆ ಬೇಕಾದ ಬಲವು ಕೂಲಾಂಬ್ ಸೂತ್ರದಿಂದ ಬರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು.) (8.15)

$$mva = \frac{nh}{2\pi}$$ (ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಬಂಧನೆ) (8.16)

$$n = 1, 2, 3 \ldots\ldots$$

ಇವುಗಳನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿದರೆ, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ

$$a = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m \cdot Ee} \quad n = 1, 2 \ldots\ldots) \tag{8.17}$$

ಮತ್ತು ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು W ಆದರೆ

$$W = -\frac{2\pi^2 m . E^2 e^2}{n^2 h^2} \quad (n = 1, 2 \ldots.) \tag{8.18}$$

ಇದನ್ನು ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ

$$E = e$$

$$\therefore a = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 me^2} \tag{8.19}$$

$$W = -\frac{2\pi^2 me^4}{n^2 h^2} \tag{8.20}$$

$$n = 1, \text{ಆದರೆ, } a_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 me^2} \tag{8.21}$$

$h = 6.6 \times 10^{-27}$ ಎರ್ಗ್ ಸೆಕೆಂಡ್

$e - 4.8 \times 10^{-10}$ e.s.u

$n = 9 \times 10^{-28}$ ಗ್ರಾಂ

$\therefore a_1 = 0.53 \times 10^{-8}$ ಸೆಂ.ಮೀ. (8.22)

ಇದು ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ತ್ರಿಜ್ಯದ ವೃತ್ತ

ಇತರ ವೃತ್ತಗಳು ಹೊಂದಿರುವ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳು $a_2, a_3, \ldots\ldots a_n$ ಆದರೆ

$$a_1 : a_2 : \ldots. : a_n$$
$$= 1 : 2^2 : \ldots. : n^2$$
$$= 1 : 4 : 9 : \ldots. : n^2 \tag{8.23}$$

ಚಿತ್ರ 8.2 (b) ದಲ್ಲಿ ಈ ವೃತ್ತಗಳ ರೂಪಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಿದೆ.

1 ನೇ ಪಥದಲ್ಲಿರುವಾಗ

$$W_1 = -\frac{2\pi^2 me^4}{h^2} = -\frac{2.155 \times 10^{-11}}{} \text{ ಎರ್ಗ್}$$

$$= -13.6 \text{ e.v} \tag{8.24}$$

$$W_2 = \frac{W_1}{2^2} = \frac{1}{4} W_1 = -0.54 \times 10^{-11} \text{ ಎರ್ಗ್}$$
$$= -3.4 \text{ e.v} \ (1 \text{ e.v} = 1.6 \times 10^{-12} \text{ ಎರ್ಗ್})$$

ಇದರಲ್ಲಿ (–) ಸನ್ನೆಯು ಇರುವುದರಿಂದ, $W_2 > W_1$ $W_3 > W_2$....

n ಮೌಲ್ಯ ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, W ಪ್ರಮಾಣವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.

1ನೇ ಪಥದಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಕನಿಷ್ಟವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದೇ ಅತ್ಯಂತ ಸುಭದ್ರವಾದ ಪಥವೆಂದು (Stable orbit) ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳು ಉದ್ಭವವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಪಥದಿಂದ ಹತ್ತಿರದ ಪಥಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಬೇಕು.

ಇದು n ಪಥದಿಂದ m ಪಥಕ್ಕೆ ಆದರೆ,
ವಿಸರ್ಜಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯು $(W_{n1} - W_{n2})$
ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಈ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು

ν ಆದರೆ, $$\nu = \frac{W_{n1} - W_{n2}}{h} \qquad (8.25)$$

c = ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವಾಗಿ, λ = ತರಂಗದೂರ, $\frac{1}{\lambda} = \bar{\nu}$ = ತರಂಗ ಸಂಖ್ಯೆ

ಯಾದರೆ $$\nu = \frac{c}{\lambda} = c\bar{\nu} \qquad (8.26)$$

$$\bar{\nu} = \frac{\nu}{c} = \frac{W_{n1} - W_{n2}}{hc}$$
$$= \frac{1}{hc} \left[\frac{2\pi^2 me^4}{h^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \right] \quad n_1 > n_2$$
$$= \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c} \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$$

ಈ ರೂಪವು ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ಫಲಿತಾಂಶದ ಸೂತ್ರದಂತೆಯೇ ಇದೆ. ಅಲ್ಲಿ

$$\bar{\nu} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (8.14)$$

ಇವುಗಳೆರಡನ್ನೂ ಹೋಲಿಸಿನೋಡಿದರೆ ($n_1 = m$; $n_2 = n$ ಆಗುತ್ತವೆ)

$$R = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3 c} \quad \text{ಆಗಬೇಕು.} \qquad (8.27)$$

ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ

$$R = \frac{2\pi^2 . 9.1\times10^{-28}\times(4.8\times10^{-10})^4}{(6.6\times10^{-27})^3\times 3 \times 10^{10}}$$

$$= \underline{109740} \text{ ಸೆಂ.ಮೀ}^{-1} \qquad (8.28)$$

ಹಿಂದಿನ ಸೂತ್ರದಲ್ಲಿ $R = 109768$ ಸೆಂ.ಮೀ$^{-1}$ (8.14)

ಅಂದರೆ ಇವುಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಭೋರ್ ಮಾಡಿದ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆ ಆದಂತಾಯಿತು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ $\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ ಸೂತ್ರಕ್ಕೆ ಹೊಸ ಅರ್ಥವು ಬರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ R ಎಂಬುದು ಅನುಭವಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಬಂದ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲ. ಅದರ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ನಿಯಮಗಳಿಂದ ರೂಢಿಸಿದೆ ಮತ್ತು n_1, n_2 ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸುತ್ತುವ ವಿವಿಧ ವೃತ್ತಗಳ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು

ಬಾಮರ್ ಸೂತ್ರದ ಅರ್ಥವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ

$$\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \quad \left[n_1=2,\ n_2=3,\ n_2=4. \right]$$

ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು $n = 3$ ಪಥದಿಂದ $n = 2$ ಪಥಕ್ಕೆ ಬೀಳುವಾಗ, ವಿಕಿರಣವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಯ ತರಂಗ ಸಂಖ್ಯೆಯು $\bar{\nu}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು $H\alpha$ ರೇಖೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗೆಯೇ, $n = 4, 5$.... ....ಗಳಿಂದ $n = 2$ ಪಥಕ್ಕೆ ಬೀಳುವಾಗ ಇತರ ಬಾಮರ್ ರೇಖೆಗಳು ಬರುತ್ತವೆ.

ಹೀಗೆಯೇ $\bar{\nu} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ ಆದರೆ, ಇಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯ ವೃತ್ತವು 1 ಆಗಿದ್ದು ಮೇಲಿನ ವೃತ್ತಗಳು 2, 3........ಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಇದು ಲೈಮಾನ್ ಶ್ರೇಣಿ. ಈ ಹೊಸ ಅರ್ಥದಿಂದ – ಈ ರೇಖೆಗಳ ಅರ್ಥಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 8.2 (c) ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಅಡ್ಡಗೆರೆಗಳು $n = 1, 2,$........ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಸೂಚಕ ರೇಖೆಗಳು. 2, 3,........ಗೆರೆಗಳು 1 ರ ಮೇಲೆ ಇದ್ದು ಅವುಗಳು ಮೇಲ್ಮಟ್ಟಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು W_1, W_2........ಗಳನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಬಾಮರ್ ರೇಖೆಗಳು $3 \rightarrow 2$, $4 \rightarrow 2$..........ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಪರಿಣಾಮಗಳು
ಲೈಮಾನ್ ರೇಖೆಗಳು $2 \rightarrow 1$, $3 \rightarrow 1$........ಪರಿವರ್ತನೆಯ ಪರಿಣಾಮಗಳು
ಈ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳಿಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಬಂದದ್ದರಿಂದ ಭೋರ್ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಪೃಥವಾದ ಸ್ಥಾನವು ದೊರಕಿತು. ಹಾಗೂ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ರೀತಿಯ ವಿಕಿರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಫೋಟಾ ಎಂದು ಗಣನೆ ಮಾಡಬೇಕಾಯಿತು.

ಬಾಮರ್ ರೇಖೆ $H\alpha$ ವಿಕರಣವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಅದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪಥಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಯಿಂದ ವಿಸರ್ಜನೆಯಾಗುವ ಫೋಟಾನ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಶಕ್ತಿ ವಿಕಿರಣವಾಗುವಾಗ ಹೇಗೆ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿಲ್ಲದೆ, ಹಂತ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿಯೇ ನಡೆಯ ಬೇಕಾಗಿದೆಯೋ ಹಾಗೆಯೇ ಶಕ್ತಿಗ್ರಹಣವೂ ಕೂಡ ಅದೇ ರೀತಿಯಾಗಿಯೇ ಹಂತ ಹಂತದಲ್ಲಿಯೇ ಆಗಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಕೂಡ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈಗ ಜಲಜನಕದ ಪರಮಾಣುವನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಶಕ್ತಿ ಮಟ್ಟಗಳು W_1, W_2....ಗಳಾಗಿರಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಅದು ಒಂದನೇ ಮಟದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ಅದರ ಶಕ್ತಿ ಕನಿಷ್ಟವಾಗಿದ್ದು $W_1 = -13.6$ e.v ಎಂದು ತೋರಿಸಿದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅದಕ್ಕೆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿದರೆ ಅದು ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಈ ಹೊರಶಕ್ತಿ ಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಗೊತ್ತಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಚ್ಛ ನ್ನಾಂತರಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ, ಅದು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದಿ ಅದರ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಜಲಜನಕ ಅಥವಾ ಇತರ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ವಿನಿ ಯೋಗವಾಗುವ ಹಾಗೆ ಮಾಡಿ ಅದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು. ಪರಮಾಣು ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು e.v ಮಾನದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗು ತ್ತದೆ. ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಒಂದು ವೋಲ್ಟ್ ಪ್ರಮಾಣದ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಉತ್ತೇಜಿಸಿದರೆ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು 1 e.v ಆಗುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ $W_1 = -3.4$ e.v ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ನಾವು $(W_2 - W_1) = 10.4$ e.v ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿದರೆ ಮಾತ್ರ ಪರಮಾಣುವು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲುದು. ಏಕೆಂದರೆ, ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಮೊದಲನೆಯ ಪಥದಿಂದ ಎರಡನೆಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಏರಬಲ್ಲುದು. ಹಾಗೆ ಎರಡನೆಯ ಪಥದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಾಲವಿದ್ದು (10^{-8} ಸೆಕೆಂಡು) ಮತ್ತೆ ತನ್ನ ಸ್ವಸ್ಥಾನವಾದ ಮೊದಲನೆಯ ಪಥಕ್ಕೆ ಬಂದು ಸೇರುವುದು. ಹಾಗೆ ಮಾಡುವಾಗ ನಾವು ಕೊಟ್ಟ ಶಕ್ತಿಯು ವಿಸರ್ಜನೆ ಹೊಂದಿ ಒಂದು ಪಟಲ ರೇಖೆಯಾಗಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $(W_2 - W_1)$ ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಯಾಗಿರುವ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೂ, ಅದನ್ನು ಪರಮಾಣು ತನ್ನ ಆಂತರ್ಯ ಶಕ್ತಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಲ್ಲ.

ಹೀಗಾಗಿ ವಿಕಿರಣ ಮತ್ತು ಗ್ರಹಣಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದೇ ನಿಯಮವನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಯಿತು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ವರ್ತುಲ ಪಥದಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡದೆ, ದೀರ್ಘವೃತ್ತದ ಪಥದಲ್ಲಿ ತಿರುಗಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಹಾಗೆಯೇ, ಅದು ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುವ ದೀರ್ಘ ವೃತ್ತದ ಓರಣವು ಬಾಹ್ಯ ಅವರಣದಲ್ಲಿ (Space) ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿರಲು ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಯಿತು. ಅಂದರೆ, ಗಾತ್ರ, ಆಕೃತಿಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಪಥದ ಓರಣಕ್ಕೂ ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಗಳು ಅವಶ್ಯಕವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. (Spatial Quantisation) ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲೆ ಭ್ರಮಣವೂ (Spin) (ಭೂಮಿಯಂತೆಯೇ) ಇರಬೇಕೆಂದು ತಿಳಿಯಿತು. ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ನಿರ್ಧರಿಸಿದರೆ, ತತ್ವವು ಇನ್ನೂ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ರೂಪವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅದರಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯು ದಿಕ್–ಪರಿಮಾಣ ಆಕೃತಿಯಾಗಿ (Vector – Atom Model) ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿತು. ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮತ್ತು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ (Fine & Hyperfine Structure) ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನವನ್ನು ವಿಭಜಿಸಿ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವು ಏರ್ಪಟ್ಟಿತು.

X – ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವರ್ಣಪಟಲಗಳ ಸಮೀಕ್ಷೆಯೂ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನೇ ವಿಸ್ತರಿಸಬೇಕಾಯಿತು.

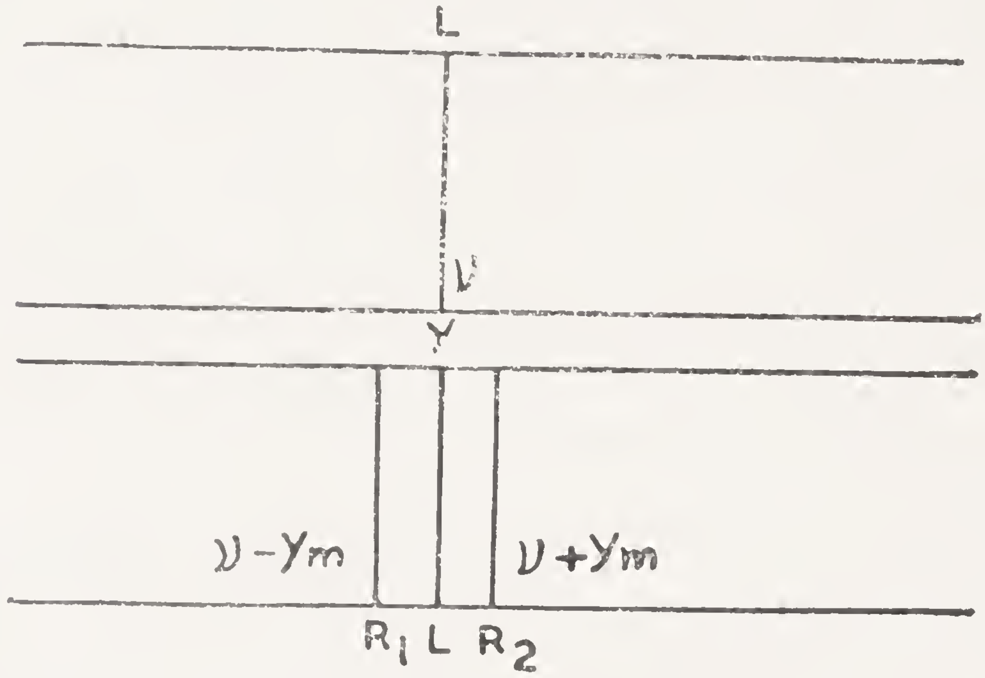
ಪಟ್ಟಿ ವರ್ಣಪಟಲ (Band spectra) ಗಳು ಅಣುಗಳಿಂದ (Molecules) ಸಂಭವಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣದಲ್ಲಿಯೂ ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ವಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಯಿತು.

8.9 ಬೆಳಕಿನ ಚದರುವಿಕೆ – ರಾಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಒಂದು ಪಾರದರ್ಶಕ ವಸ್ತು (ಘನ, ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲ ರೂಪದಲ್ಲಿರಬಹುದು) ವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ, ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ಚದರಿಸುವ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕು ಹಾಯುವ ನೇರಕ್ಕೆ ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ (transversely) ಹೊರಬೀಳುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಕೆಲವು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಚದರಿಸುವ ಅಣುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನವಲಂಬಿಸಿ, ಬಿಳಿಯ ಬೆಳಕಿನ ವಿವಿಧ ತರಂಗ ದೂರಗಳ ಅಂಗಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಚದರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ರಾಲೇ ಸೂತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಚದರಿದ ಬೆಳಕಿನ

ಪ್ರಕಾಶವು $\frac{1}{\lambda^4}$ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಚದರಿದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರ ಮಾತ್ರ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ನೀಲಿ ಕಿರಣಗಳು ಕೆಂಪು ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಚದರುತ್ತವೆ. ಮೇಲ್ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳು (dust particles) ನೀಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಚದರಿಸುವುದರಿಂದ, ಆಕಾಶವು ನೀಲಿ ಬಣ್ಣವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಸಮುದ್ರದ ನೀಲಿ ಬಣ್ಣಕ್ಕೂ ಕಾರಣವನ್ನು ಊಹಿಸಬಹುದು.

ರಾಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ :– ಶುದ್ಧವಾದ ದ್ರವಗಳಿಂದ ಚದರಿದ ಬೆಳಕನ್ನು ಅಡ್ಡ ನೇರದಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿ, ವರ್ಣಪಟಲ ಮಾಪಕಗಳಿಂದ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ವಿಜ್ಞಾನಿ C. V. ರಾಮನ್ ಒಂದು ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದರು. ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳ ಸತತ



ಚಿತ್ರ 8.3 ರಾಮನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಹೊರಬಿದ್ದಿತು. ಇದನ್ನು 1928 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಚುರಪಡಿಸಿದ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ರಾಮನ್‌ಗೆ ದೊರಕಿದ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು ಭಾರತದ ವಿಜ್ಞಾನದ ಕೀರ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿತು. ಹಿಂದೆ ಗೊತ್ತಾಗಿದ್ದ ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ಚದರುವಿಕೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಂದ ಇದು ಭಿನ್ನವಾದ್ದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ಮನ್ನಣೆ ಬಂದಿತು. ಈ ಸಂಶೋಧನೆ ನಿರೂಪಣೆಯು ಸರಳವಾದರೂ ಗಹನವಾದುದು.

ಪಾದರಸ ದೀಪದ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪ್ರಬಲವಾದ ರೇಖೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ($\lambda = 4358$ A°) ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಿ, ಇದನ್ನು ಬೆನ್‌ಜೀನ್, ಟೂಲೀನ್, (Ccl_4) ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ದ್ರವಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಲಂಬ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚದುರಿದ ಬೆಳಕನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ವರ್ಣಪಟಲ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಸಮೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು.

ಚಿತ್ರ 8.3 ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ L ಎಂಬುದು ಮೂಲ ರೇಖೆಯಾದರೆ,

ಚದರಿದ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಹಾಗೆ, ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ L ರೇಖೆಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ದುರ್ಬಲ ರೇಖೆಗಳು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಹೊಸ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲಾಯಿತು. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ರೇಖೆಗಳು ಕಂಡುಬಂದರೂ, ಅವು ಎರಡು ಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಸಮವಾಗಿ ಹಂಚಿರುತ್ತವೆ.

ಮೂಲ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ν ಆದರೆ, ಎರಡು ರಾಮನ್ ರೇಖೆಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು $(\nu + \nu_m)$, $(\nu - \nu_m)$ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಒಂದು ಕಡಿಮೆ ತರಂಗ ದೂರದ ಕಡೆಯೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಹೆಚ್ಚು ತರಂಗ ದೂರದ ಕಡೆಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. $(\nu - \nu_m)$ ರೇಖೆಯನ್ನು ವಿವರಿಸುವುದು ಸುಲಭವಾದರೂ, $(\nu + \nu_m)$ ರೇಖೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತವಾಗಿರುವ ಕಾರಣ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿಲ್ಲ. ಈ ಎರಡನೆಯ ರೇಖೆಯನ್ನು (Anti-Stokes') ಆ್ಯಂಟಿ ಸ್ಟೋಕ್ ಲೈನ್ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಶೇಷವೇನೆಂದರೆ,

ಈ ರೇಖೆಗಳಿಗೂ ಮೂಲ ರೇಖೆಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು (ν_m) ಚದರಿಸುವ ದ್ರವದ ಅಣುವಿನ ವಿಶಿಷ್ಟ ರಕ್ತಾತೀತ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ (Characteristic infra red frequency of the molecule) ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. $h\nu$ ಶಕ್ತಿ ಪ್ರಮಾಣದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳ ಸಂಪರ್ಕ ಮಾಡಿದರೆ, ಮೂರು ಪರಿಣಾಮಗಳು ಉಂಟಾಗಬಹುದು. (i) ಅಣುವು ಫೋಟಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಸುಮ್ಮನೆ ದಿಕ್‌ಚ್ಯುತಿ ಮಾಡಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಯಾವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಗ್ರಹಣ ಮಾಡದೆ ಇರಬಹುದು. ಇಂಥ ಸಂಭವಗಳೇ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದದ ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ν ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯಿಂದಲೇ ಹೊರಬೀಳುತ್ತವೆ. ಇದೇ L ರೇಖೆ. (ii) ಅಣುವು ಫೋಟಾನಿನಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿ ಉಳಿದುದನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಬಿಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಈ ಗ್ರಹಣ ಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿಯೂ ಕೂಡ, ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಆ ಅಣುವಿನ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಚಲನವಲನಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರಬೇಕು. ಇದು ν_m ಆದರೆ, ಗ್ರಹಣವಾದ ಶಕ್ತಿಯು $h\nu_m$ ಆಗಿ, ಫೋಟಾನ್ ಕಣದ ಉಳಿದ ಶಕ್ತಿಯು $(h\nu - h\nu_m)$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ R_1 ರೇಖೆ (ಸ್ಟೋಕ್ ರೇಖೆ) ಮತ್ತು ಅದರ ಸಂಖ್ಯೆಯು $(\nu - \nu_m)$ ಆಗುತ್ತದೆ. (iii) ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಭವದಲ್ಲಿ ಅಣುವು ಉತ್ತೇಜಿತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದು ಅದರ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಫೋಟಾನ್‌ಗೆ ಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದೂ ಕೂಡ ν_m ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಫೋಟಾನ್ ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಬೀಳುವಾಗ $(\nu + \nu_m) h$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ R_2 ರೇಖೆ ಅದರ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು $(\nu + \nu_m)$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಈ ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯವು hv_m, $2\,hv_m \cdots nhv_m$ ಆಗಿರಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ರೇಖೆಗಳಿಗೆ ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ.

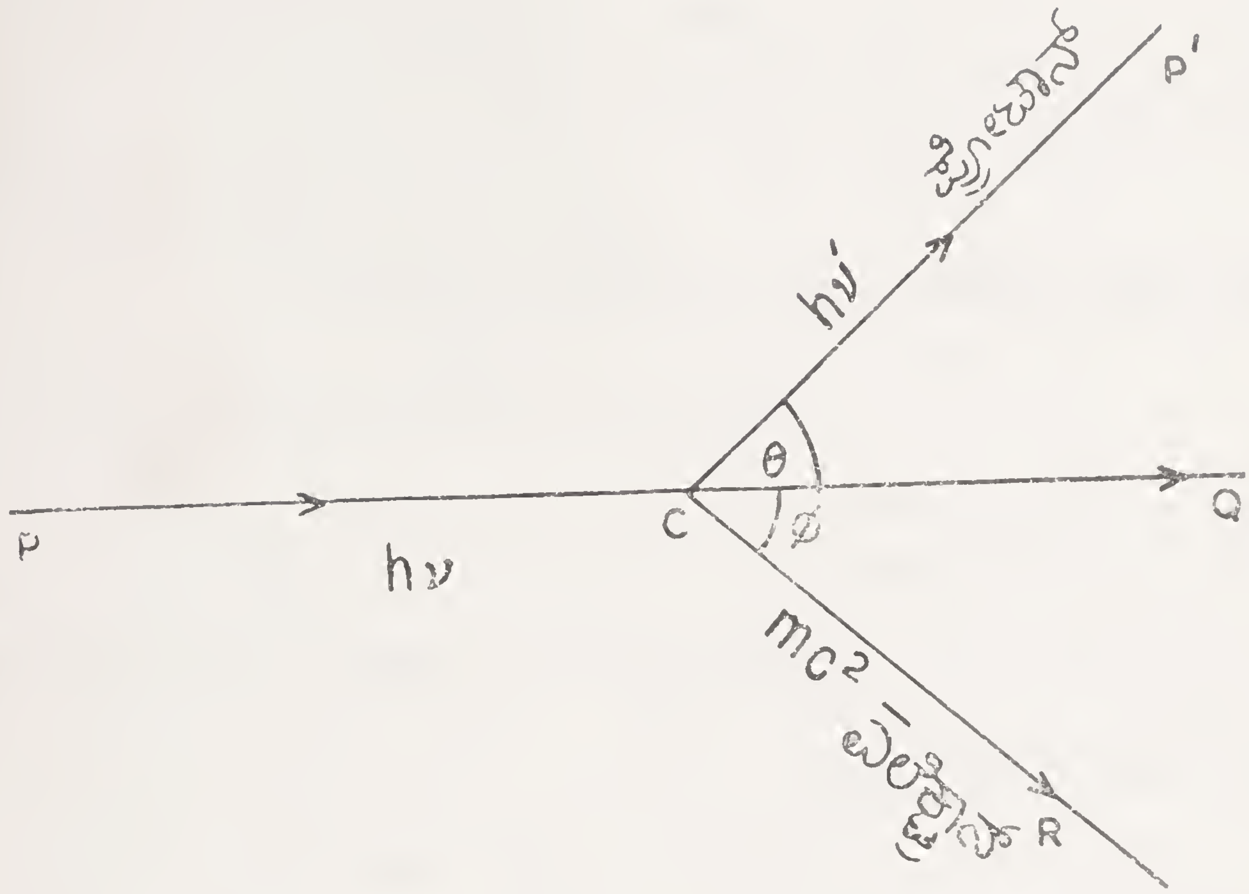
ರಾಮನ್ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಅಪಾರವಾದ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ರೂಪವು ಏನೇ ಇರಲಿ ಘನ, ಹರಳು, ಚೂರ್ಣ, ದ್ರವ, ಹಬೆ, ಅನಿಲ ಮುಂತಾದ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಎಲ್ಲ ತಾಪ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಈ ಪ್ರಮುಖ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಲಾಗಿದೆ. ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ, ಅಣುಗಳ ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಹೊಸ ಸಾಧನ ಏರ್ಪಟ್ಟಂತಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಿರುವ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ಬಂಧನಗಳ ಮೌಲ್ಯ ಮತ್ತು ರೂಪಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಮೇಲಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ಕ್ವಾಂಟಂ ರೂಪದ ಭಾವನೆಗೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಬಲ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿದೆ.

8.10 ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ಚರಿತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ರಾಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕ್ವಾಂಟಂ ತತ್ವಕ್ಕೆ ಬೆಂಬಲ ಸಿಕ್ಕಿತೋ ಅದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ X ಕಿರಣಗಳ ಚದರುವಿಕೆಯ ಸಂಬಂಧವಾಗಿ ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಹೊರಗೆಡಹಿದ ಪ್ರಮುಖ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಕೂಡ, ಕಣತತ್ವಕ್ಕೆ ಪುಷ್ಟಿಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿತು. ಇದರ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯಿಂದ ಕಾಂಪ್ಟನ್‌ಗೆ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು ಲಭಿಸಿತು.

ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯು ಪ್ರಕಟವಾದದ್ದು 1922 ರಲ್ಲಿ. X – ಕಿರಣಗಳ ಒಂದು ಸಮೂಹವನ್ನು ಒಂದು ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿ, ಮೂಲ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಓರಣಗಳಲ್ಲಿರುವ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಚದರುವ X – ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಕಾಶ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಅಂಗಗಳಿದ್ದವು. ಒಂದು ಮೂಲ ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮಾರ್ಪಾಡಾಗದ ತರಂಗಾಂತರ (λ). ಮತ್ತೊಂದು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚಾದ ತರಂಗದೂರದ ಕಿರಣಗಳು (λ^1). ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಒಂದು ಸೂತ್ರರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿದನು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ (ಚಿತ್ರ 8.4) PC ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದು X – ಫೋಟಾನ್ ಕಣವು ಚಲಿಸಿ, ಚದರಿಸುವ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಪರಮಾಣುವಿನ ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣದೊಂದಿಗೆ ನೇರವಾಗಿ ಘರ್ಷಣವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಿದೆ. ಈ ಫೋಟಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಜಡಾಂಶ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳಿವೆ (mass, energy & momentum) ಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿದೆ. ಈ ಘರ್ಷಣೆಯ ಫಲವಾಗಿ ಫೋಟಾನ್, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಬಲದ ಪರಿಮಾಣಗಳು ವಿನಿಮಯವಾಗಿ, ಫೋಟಾನ್



ಚಿತ್ರ 8.4 ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ

CP[1] ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (Re-coil) CR ನೇರದಲ್ಲಿಯೂ ಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ವಿನಿಮಯದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ (ಆವೇಗ) ಗಳ ನಿತ್ಯತ್ವದ ನಿಯಮ (Conservation) ವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದೆ. ಆದರೆ, ಕ್ವಾಂಟಂ ಮತ್ತು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Relativity Theory) ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ.

ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಫೋಟಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿ hv, (ಆವೇಗ) ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ $\frac{hv}{c}$ ಎಂದೂ,

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ, ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿರುವಾಗ (at rest)

ಸ್ಥಾಯೀ ಜಡಾಂಶವು m_o. v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವಾಗ,

ಜಡಾಂಶವು $\frac{m_o}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = m$. ಮತ್ತು ಆವೇಗ $= mv$ (8.29)

ಚದುರಿದ ಫೋಟಾನ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿ hv' ಆವೇಗ $\frac{hv'}{c}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದರೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ
ಶಕ್ತಿ ನಿತ್ಯತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ

$hv + m_oc^2 =$ (ಘರ್ಷಣಕ್ಕೆ ಮುಂದೆ)

$$= h\nu' + mc^2 \text{ (ಘರ್ಷಣದ ನಂತರ)} \qquad (8.30)$$

PCQ ನೇರದಲ್ಲಿ ಆವೇಗದ ನಿತ್ಯತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ

$$\frac{h\nu}{c} + O = \frac{h\nu'}{c} \cos\theta + mv\cos\phi. \qquad (8.31)$$

ಇದಕ್ಕೆ ಲಂಬ ನೇರದಲ್ಲಿ ಆವೇಗದ ನಿತ್ಸತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ

$$O = \frac{h\nu'}{c} \operatorname{Sin}\theta - mv\operatorname{Sin}\phi. \qquad (8.32)$$

ಇಲ್ಲಿ $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$

$\nu = \frac{c}{\lambda}$, $\nu' = \frac{c}{\lambda'}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ಅಂತಿಮ ರೂಪವು ಹೀಗಿರುವುದು.

$$(\lambda' - \lambda) = d\lambda = \frac{2h}{m_0 c} \operatorname{Sin}^2 \frac{\theta}{2}$$

$$= \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) \qquad (8.33)$$

h, m_0, c ಗಳು ನಿಯತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ $d\lambda$ ಪ್ರಮಾಣವು θ ವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅವಲಂಭಿಸಿದೆ. $\theta = 90°$ ಆದರೆ

$$d\lambda = \frac{h}{m_0 c} = \text{ನಿಯತಾಂಕ} = \underline{0.0242}\ A°$$

$$= \text{ಕಾಂಪ್ಟನ್ ತರಂಗಾಂತರ.} \qquad (8.34)$$

ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಈ ಸೂತ್ರವು ಸಮರ್ಥನೆ ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಆಧಾರಭೂತವಾದ ಕ್ವಾಂಟಂ ಕಲ್ಪನೆಯು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಂತಾಯಿತು. X – ಕಿರಣಗಳಿಗೂ, ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳಿಗೂ, ತರಂಗದೂರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೊಂದನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ ಎಲ್ಲ ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಾಮ್ಯವು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಎರಡರ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಫೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಎಲ್ಲ ವಿಧಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇಪ್ಪತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ನಡೆದಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವ ಫೋಟಾನ್ ಕಣದಂತಿದೆಯೆಂಬುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು.

ಅಧ್ಯಾಯ 9

ಬೆಳಕು ಮತ್ತು (ಜಡ) ವಸ್ತು

9.1 ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ದ್ವಂದ್ವ ಪ್ರವೃತ್ತಿ

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ದ್ವಿಮುಖತ್ವವು ಎದ್ದು ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಪ್ರಸಾರ, ಪ್ರತಿಫಲನ, ರಶ್ಮಿಭಂಗ, ವ್ಯತಿಕರಣ, ನಮನ ಮತ್ತು ಧ್ರುವೀಕರಣವೆಂಬ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವೆ ಉಂಟಾಗುವ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ (Inter-action) ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ತನೆಯು ನಿಸ್ಸಂಶಯವಾಗಿ ಕಣ ಅಥವಾ ಫೋಟಾನ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆ ಭಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಶಕ್ತಿವಿಸರ್ಜನೆ, ಶಕ್ತಿಹರಣ, ಚದರುವಿಕೆ ಮತ್ತು ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ರಿಯೆ ಇವುಗಳೇ ಆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ನಿದರ್ಶನಗಳು.

ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ: ಈ ಎರಡು ಭಾವನೆಗಳೂ – ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆ – ಪರಸ್ಪರ ವಿರೋಧವಾದುವು – ಕಣದ ಲಕ್ಷಣವು ವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯಾದರೆ ಅಲೆಯು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆಯ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ವಿರೋಧ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಒಂದೇ ಒಂದು ವ್ಯಕ್ತಿತ್ವವನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಏಕ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಇರಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ ಎಂಬುದೇ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಶ್ನೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಉತ್ತರವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದಾದರೆ, ಬೆಳಕು ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅಲೆಯಂತೆಯೂ ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕಣದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ವ್ಯತಿಕರಣ, ನಮನ ಮುಂತಾದ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಅರ್ಥ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, ಅಲೆಯ ತತ್ವವು ಮಾತ್ರ ಸಮರ್ಥವಾಗಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ, ವರ್ಣಪಟಲ ರೇಖೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಅಲೆಯ ತತ್ವವು ವಿಫಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಫೋಟಾ ಕಲ್ಪನೆಯು ಅವಶ್ಯಕ. ಇರುವರೆವಿಗೂ ಮಾಡಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಬೆಳಕು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವಂತೆ ಯಾವ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೂ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿಲ್ಲ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವು ಒಂದು ನಾಣ್ಯದಂತೆ ಎರಡು ಮುಖಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಬರುವ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಐಕ್ಯತೆಯ ಭಾವನೆ

ಯಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವಾಸವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಈ ದ್ವಂದ್ವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯು ಸಮಾಧಾನ ಪಡುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಇದು 1923 ವರೆಗೆ ಇದ್ದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮನೋಭಾವವಾಗಿದ್ದಿತು. ಅದೇ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಡಿಬ್ರೋಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಕಟಿಸಿದ ಒಂದು ಹೊಸ ಕಲ್ಪನೆಯು ಎಲ್ಲರನ್ನೂ ಚಕಿತಗೊಳಿಸಿ, ಒಂದು ಹೊಸ ಆಶಾಭಾವನೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿತು. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯ ಮುಖ್ಯ ತತ್ವವು ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ಭಾವನೆಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಹೊಸ ಪ್ರಯತ್ನವಾಗಿದ್ದಿತು. ಈ ಘಟನೆಯು ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಮುಖ ಮೈಲಿಗಲ್ಲಾಯಿತು.

9·2 ಡಿಬ್ರೋಲಿ ಸಿದ್ಧಾಂತ—ದ್ರವ್ಯ-ಅಲೆ ಕಲ್ಪನೆ (Matter–Wave Concept)

1923 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇವನ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಜಡವಸ್ತು ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ವಿಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಏಕೈಕ ತತ್ತ್ವ. ಒಂದು ಕಣದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಒಂದು ಹೊಸ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. "ಇದರಲ್ಲಿ ಕಣದ ಚಲನೆಗೂ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಂಸರ್ಗ (associated) ಹೊಂದಿರುವ ಅಲೆಯ ಪ್ರಸಾರವನ್ನೂ ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳು—ಅಂದರೆ, ಫೋಟಾನ್‌ಗಳು ಚಲಿಸುವಾಗ ಅವುಗಳೊಡನೆ ಫ್ರೆನಲ್ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬೇಕು. ಹಾಗೆಯೇ, ಜಡವಸ್ತುವಿನ ಕಣಗಳನ್ನೂ ಕೂಡ, ಕೇವಲ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ಕಣಗಳಂತೆ ಮಾತ್ರ ಭಾವಿಸದೆ, ಅವುಗಳೊಂದಿಗೂ ಅಲೆಗಳು ಸಂಯೋಗವಾಗಿರುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬೇಕು". ಇದೇ ಆ ತತ್ತ್ವದ ಮುಖ್ಯ ತಿರುಳು. ಈ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವೆಂದು (Quantum Mechanics) ಹೆಸರಾಯಿತು. ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ, ಕಣ ಮತ್ತು ಅಲೆಗಳ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳು ವಿರೋಧ ಭಾವನೆಗಳಲ್ಲವೆಂದೂ, ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಪೂರಕವೆಂದೂ (Complementary and not rival) ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

1926 ರಲ್ಲಿ ಹೈಸನ್ ಬರ್ಗ್ ಮತ್ತು ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಾಪನೆ ಮಾಡಿದರು. ಪರಮಾಣು ಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಈ ಹೊಸ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನೇ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು. ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಆಳತೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದನ್ನೇ ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೂ ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ನ್ಯೂಟನ್ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದಿಂದ ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡುವ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ.

ಕ್ವಾಂಟಂ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ, ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮಾದರಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ತರಂಗ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿದರೆ, ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಬರುತ್ತವೆ. ಈ ಕಲ್ಪನೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಲಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಅಲೆಗಳ ಸಂಯೋಗ ವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್ ಕಣದೊಂದಿಗೆ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳ ಸಹಯೋಗವನ್ನು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಬೇಕೋ ಅದೇ ಮಾದರಿ ಯಲ್ಲಿಯೇ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳಿಗೂ ಕೂಡ ಅಲೆಗಳು ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರುವುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬೇಕು.

ಇದು ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತವಾದರೂ. ಇದನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಸಮರ್ಥಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಜಡವಸ್ತುಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಸಾಮ್ಯವು ಏರ್ಪಟ್ಟಂತಾಯಿತು. ಎರಡರಲ್ಲಿಯೂ, ಕಣ–ಅಲೆಗಳ ಸಹಯೋಗ ಭಾವನೆಯೂ ಅಡಗಿದೆ. ಈ ಸಹಯೋಗವನ್ನು ಡಿಬ್ರೋಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಸರಳ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಅದು ಈ ರೀತಿಯಿದೆ.

$$\lambda = \frac{h}{\mathrm{mv}} = \frac{h}{\mathrm{p}} \qquad (9.1)$$

ಇದು ಎಲ್ಲ ವಿಧವಾದ ಕಣಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ರವ್ಯ ಕಣವೆಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಅದು 'v' ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಹಯೋಗ ಹೊಂದಿರುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗಾಂತರವು λ ಆಗಿದ್ದು ಅದು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

h = ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ

ಇದು ಫೋಟಾನ್ (ದ್ಯುತಿ) ಕಣಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನು ಕಣ–ಅಲೆಗಳನ್ನೂ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತು (ಜಡ) ವಸ್ತುವನ್ನು ಒಟ್ಟು ಗೂಡಿಸುವ ಏಕೈಕ ಸಮೀಕರಣವೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು.

ಇದರಲ್ಲಿ λ = ತರಂಗಾಂತರ = ಅಲೆಯ ಲಕ್ಷಣ.

p = ಆ ವೇಗ ಅಥವಾ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ.

= mv (ಕಣದ ಲಕ್ಷಣ)

ಈ ಎರಡು ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವುದು ಕ್ವಾಂಟಂ ನಿಯತಾಂಕ h. ಇದನ್ನು $\lambda \cdot \mathrm{p} = h$ ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು. (6·2)

ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕವನ್ನು ಅಲೆ–ಕಣಗಳನ್ನು ಸಮನ್ವ ಯಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಸೇತುವೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೂ ತಪ್ಪಾಗಲಾರದು.

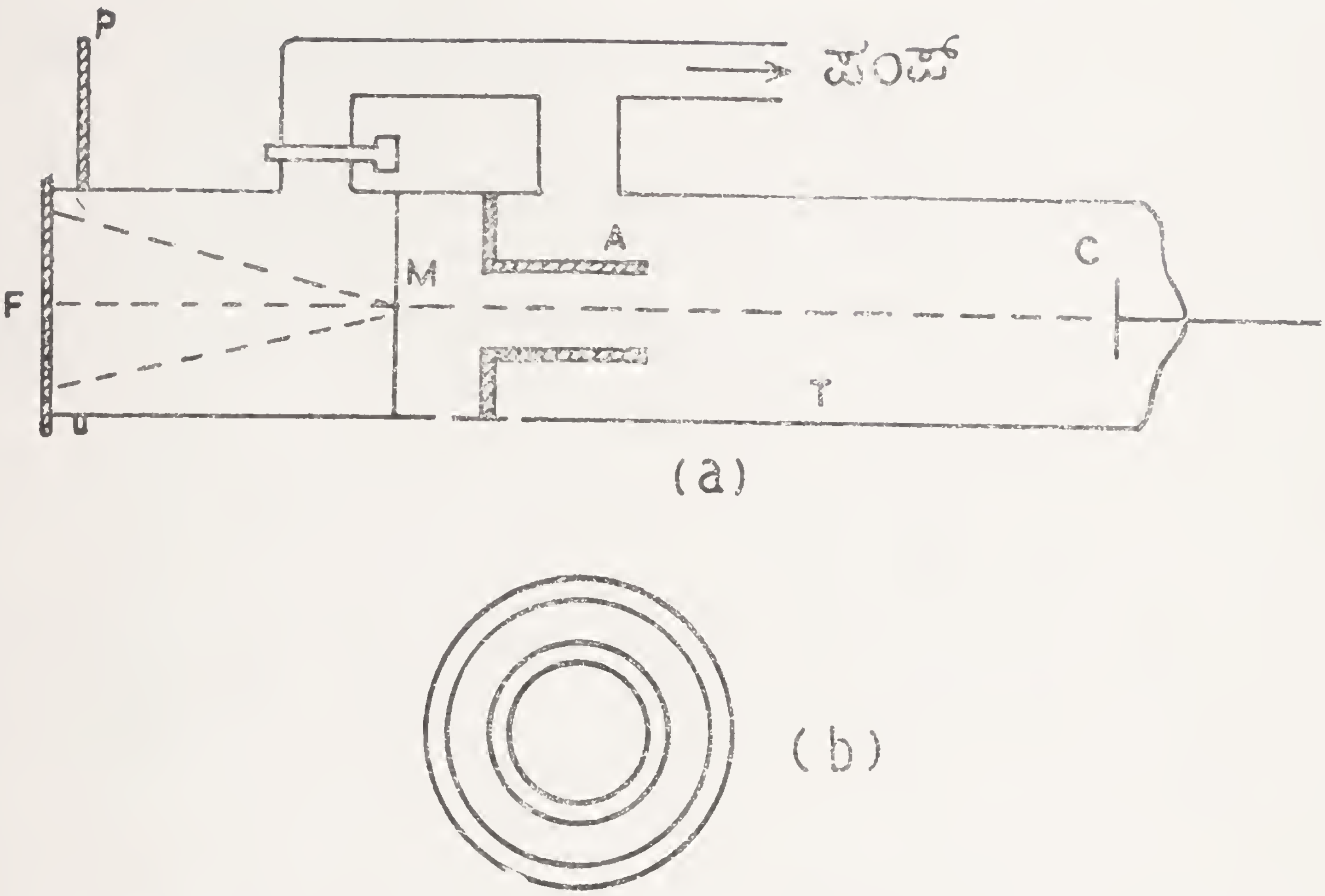
9.3 ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಯೋಗ : ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ

1923 ರಲ್ಲಿ ಡಿಬ್ರೋಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ಹೊಸ ತತ್ವವೂ, ಸಮೀಕರಣವೂ, ಆ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದರೂ, ಕೇವಲ 4-5 ವರ್ಷಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅವಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದಿತು.

ಡೇವಿಸನ್ - ಗರ್ಮರ್ (Davisson-Germer) ಎಂಬ ಅಮೆರಿಕನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 1927 ರಲ್ಲಿ ಮಂದ ವೇಗದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (Diffractin of slow electrons) ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಡಿಬ್ರೊಲಿ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸಮರ್ಥನೆ ಮಾಡಿದರು. ನಿಕಲ್ ಹರಳನ್ನು ಲಕ್ಷ್ಯವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅದರಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಮೂಹಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಹಂಚಿಕೆಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದರು – ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯು ಬ್ರಾಗ್ x ಕಿರಣಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಾಮ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದುವು. ಅಂದರೆ, ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಅಲೆಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಅವುಗಳ ತರಂಗ ದೂರವು x ಕಿರಣಗಳ ತರಂಗ ದೂರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಯಿತು.

1928 ರಲ್ಲಿ G. P. ಥಾಂಸನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 10,000 – 50,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವನ್ನು ಅತಿ ತೆಳುವಾದ – ಸುಮಾರು 10^{-6} ಸೆಂ.ಮೀ. ದಪ್ಪದ – ಲೋಹದ ಪರೆಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಂದ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಪಡೆವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಪಥವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದನು. ಹಲವಾರು ಲೋಹಗಳ ಪರೆಗಳನ್ನು – ಅಂದರೆ, ಚಿನ್ನ , ಬೆಳ್ಳಿ, ಅಲೂಮಿನಿಯಂ – ಇತ್ಯಾದಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯ ಚಿತ್ರಗಳ ಪರಿಶೀಲನೆಯನ್ನು ನಡೆಸಿದನು – ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಕೆಳಗೆ (ಚಿತ್ರ 9.1) ಕೊಟ್ಟಿದೆ.

ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಭಾಗದಲ್ಲಿ (T) ನಿರ್ವಾತ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ C (ಋಣ ಧ್ರುವದಿಂದ) ಹೊರಬೀಳುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಸುಮಾರು 50,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳವರೆವಿಗೂ ಇರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಪಾರವಾದ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಈ ಕಣಗಳ ಸಮೂಹವು ಎಡಗಡೆ ತೋರಿಸಿರುವ (M P) ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ M ಎಂಬ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಲೋಹದ ಪರೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುತ್ತವೆ. ಅಲ್ಲಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವಾಗ ನಾನಾ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಚಿತ್ರವನ್ನು F ಎಂಬ ತೆರೆಯ (ಸ್ಫುರಣ)



ಚಿತ್ರ 9.1 G. P. ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಯೋಗ

ಮೇಲೆ ವೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಅಥವಾ ಅದೇ ಜಾಗದಲ್ಲಿ P ಎಂಬ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರದ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಸರಿಸಿ ಅದರ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವ ಚಿತ್ರವನ್ನು ನಂತರ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ X– ಕಿರಣಗಳು ಕೂಡ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸಂಭವವಿರುವುದರಿಂದ, ನಮಗೆ ಬರುವ ಚಿತ್ರವು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧ ಪಡದೆ ಕೇವಲ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಚಿತ್ರವೇ ಎಂದು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಕೊಳ್ಳಲಾಯಿತು.

ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ದೃಶ್ಯವು (9.2) (b) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇದ್ದಿತು. ಇದು ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶ ಮತ್ತು ಕಪ್ಪುವೃತ್ತಗಳಾಗಿದ್ದು X– ಕಿರಣಗಳ ವಕ್ರವಿಯೋಜನ ರೂಪವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ತೆಳುವಾದ ಲೋಹದ ಪರೆಯಿಂದ ಅಲೆಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿ ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಡಿಬ್ರೋಲಿ ಸಮೀಕರಣದ ಸಮರ್ಥನೆಯೂ ಬಂದಂತಾಯಿತು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು V ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಗವಾಗುವ ಅಲೆಗಳ ತರಂಗ ದೂರವು λ (A°) ಮಾನದಲ್ಲಿದ್ದರೆ,

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{V}}\ A^\circ$$ ಎಂಬ ಸರಳ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ (9.3)

ಡೀಬ್ರೋಲಿ ಸಮೀಕರಣವು ಸಮರ್ಥನೆಯಾದಂತೆ ತೋರಬಹುದು. $V =$ 150 ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ, $\lambda = 1\ A^\circ$ ಆಗಿ, ಇದು x– ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ ತರಂಗ ದೂರವಾಗುತ್ತದೆ. V ಪ್ರಮಾಣ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ λ ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ, ಅತಿ ಶಕ್ತಿಯುತ x– ಕಿರಣಗಳಿಗೆ ಸಮನಾಗುತ್ತದೆ.

$V = 15{,}000$ ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ

$\lambda = 0.1\ A^\circ$

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ವಿವಿಧ ರೂಪದ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಡೀಬ್ರೋಲಿ ಸಮೀಕರಣವು ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿತು.

9.4 ತರಂಗ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಕಾರ ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿ

ಡೀಬ್ರೋಲಿ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ನಾವು ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯ ರೂಪವನ್ನೇ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಬೇಕು. ಪರಮಾಣುವಿನ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳನ್ನು ಇನ್ನು ಮೇಲೆ ಕೇವಲ ಕಣಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳಿಗೆ ಅಲೆಗಳ ಸಹಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿರುವುದರ ಬದಲು ಅದನ್ನು ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗಿರುವಂತೆಯೂ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಒಂದು ಸಂಭವನೀಯತೆಯ ಸಂಖ್ಯೆ (Probability) ಯಿಂದ ಸೂಚಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ, ವೃತ್ತಪಥಗಳೂ ಕೂಡ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಭವನೀಯ ಅಲೆ (Probability waves) ಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ಹೀಗಾಗಿ ನಾವು ಹಿಂದೆ ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಕೃತಿಯನ್ನೇ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅದು ಈಗ ಅಸ್ಪಷ್ಟ ರೂಪವನ್ನು (Nebulous) ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಪರಮಾಣುವಿನ ತ್ರಿಜ್ಯಕ್ಕೆ ಹೊಸ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅದರೊಳಗೆ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಕಾಣುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಯೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆಯೆಂದೂ, ಆ ಎಲ್ಲೆಯನ್ನು (Boundary) ಮೀರಿದರೆ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣವನ್ನು ಕಾಣುವ ಸಂಭವನೀಯತೆಯು ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲದಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪವೆಂದು ಭಾವಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಹೊಸ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜ (Nucleus) ದ ಸುತ್ತ ಆವರಣ

ದಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳ ಮೇಘ (electron-cloud) ಇರುವಂತೆ ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಶಕ್ತಿ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೆಲ್ಲ (Energy states) ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಸಿ, ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿದ್ಯುದಂಶದ ಹಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಸಾಂದ್ರತೆಗೂ, ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಂಯೋಗವಾಗಿರುವ ಅಲೆಯ ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ (amplitude) ಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು.

ಈ ಸಮನ್ವಯವನ್ನು ತೋರಿಸಲು ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ನಿಯಮವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದ್ದಾನೆ.

ಈ ಎಲ್ಲ ಕಲ್ಪನಾಂಶಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರವನು ಹೊಸದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆಲ್ಲ ಕಾರಣವಾಗಿಯೂ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಷ್ರೋಡಿಂಗರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1926 ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಹಿಂದಿನ ಅಂದರೆ, ಬರೀ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಅನ್ವಯದಿಂದ ಉಂಟಾಗಿದ್ದ ಹಲವಾರು ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಈ ವಿಭಾಗವಾದ ತರಂಗ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರವು ಅತಿ ವಿಸ್ತಾರವೂ, ವ್ಯಾಪಕವೂ ಆದ ದೊಡ್ಡ ಶಾಖೆಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ. ಅದನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ.

9.5 ದ್ವಂದ್ವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯ ಅಂತರಾರ್ಥ

ಕಣ–ಅಲೆಗಳ ಭಾವನೆಗಳ ಸಮನ್ವಯವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಂತೆ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಧಾನ ಸೂತ್ರವನ್ನು ಹೈಸನ್‌ಬರ್ಗ್ (Heisenberg) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1927 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಇದೂ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತವಾದ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದೆ. ಇದರ ಸರಳ ರೂಪವನ್ನು ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. "ಪರಮಾಣು ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕಣಗಳಿಗೆ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಒಂದೇ ನಿಖರತೆ (perfect accuracy) ಯಿಂದ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನ ಮತ್ತು ಆವೇಗ (Position and momentum) ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ". ಅಂದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನದಲ್ಲಿಯೇ ಗಮನವನ್ನಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಖಚಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಳತೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸುತ್ತಹೋದರೆ, ಕಣದ ಮತ್ತೊಂದು ಅಂಗದಲ್ಲಿ–ಅಂದರೆ ಅದರ ಆವೇಗದಲ್ಲಿ–ಖಚಿತತ್ವವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಹಾಗೆಯೇ, ಆವೇಗಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ, ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನವು ಅಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಅನಿಶ್ಚಿತ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ–ಇದರ ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಿದೆ.

$$\Delta p_y \cdot \quad \Delta y \gtrsim \frac{h}{2\pi} \qquad (9.4)$$

$\Delta y = y$ ಪರಿಮಾಣ ಅಂದರೆ ಸ್ಥಾನ ನಿರ್ದೇಶನದಲ್ಲಿ ಅನಿಶ್ಚಿತತ್ವ (uncertainty)

$\triangle p_y$ ಅಂದರೆ, ಆವೇಗ ಪರಿಮಾಣ (p_y) ದ ಅಳತೆಯಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಅನಿಶ್ಚಿತತ್ವ.

$\gtrsim$ ಅಂದರೆ, ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧ ಪ್ರಮಾಣವು 'h' ಪ್ರಮಾಣದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನೇ ಭೋರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 1928 ರಲ್ಲಿ ಅನ್ವಯಮಾಡಿ ಅದಕ್ಕೂ ಕಣ–ಅಲೆಗಳ ಸಮನ್ವಯಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು. ಕಣ-ಅಲೆಗಳ ಭಾವನೆಗಳು ಪೂರಕ (Complementary) ವೆಂದು ತೋರಿಸಿದನು.

ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, 'ಬೆಳಕು' ಎಂದರೆ, ದೃಶ್ಯ ವಿಭಾಗದ ಬೆಳಕನ್ನೂ, ಅದೃಶ್ಯ ಭಾಗಗಳನ್ನೂ (X–ಕಿರಣಗಳು, ಮುಂತಾದವು) ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ಒಂದು ಹೊಸ ಅರ್ಥವು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆ (v) ಯು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲ, ಕಣಗಳ ಕಲ್ಪನೆಯು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅದು ಕಡಿಮೆಯಾದ ಹಾಗೆ, ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯವು ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ರೇಡಿಯೋ ಅಲೆಗಳ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳೆಲ್ಲ ಅಲೆಗಳಂತೆಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ ತಪ್ಪಾಗುವುದಿಲ್ಲ–ದೃಶ್ಯ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣಪಟಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಫೋಟಾನ್ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವರ್ತನೆಯು ಅಲೆಯ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಬೆಳಕಿಗೂ, ಬಿಡಿ ಬಿಡಿ ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೂ ಸಂಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕು ಕಣಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ, ಫೋಟಾನ್‌ಗಳ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತವೆ. ಬೆಳಕು–ಬೆಳಕುಗಳ ಸಂಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವ ಅಲೆಗಳ ವರ್ತನೆಯೇ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿ, ವ್ಯತಿಕರಣ ಸಮನ ಮುಂತಾದ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಅರ್ಥ ಬರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಬೆಳಕಿನ ದೃಶ್ಯ ವರ್ಣಪಟಲದಲ್ಲಿಯೇ, ಕಣ – ಅಲೆಗಳ ಸಂಯೋಜನೆಯ ಸಂಭವವು ಒಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವಾಗಿದೆ-

ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಈ ಎರಡು ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ಕೊಂಡಿ (link) ಎಂದರೆ, ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕ (h)- ಇದು ಎರಡು ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವಾಗಿದ್ದು ಒಂದು ಕಣಕ್ಕೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಅಲೆಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. T ಎಂಬುದು ಆವರ್ತಕಾಲವಾದರೆ (Period) $T \alpha \frac{1}{v}$

$h = \frac{E}{v}$ ಅಥವಾ $h =$ ET ಎಂದು ಬರೆದರೆ ಮತ್ತೊಂದು ಸಮೀಕರಣದಿಂದ $\lambda = \frac{h}{p}$ (ಡಿ.ಬ್ರೋಲಿ ಸಮೀಕರಣ) ಆಗುತ್ತದೆ.

$$h = ET = p\lambda \quad (9.5)$$

ಸಂಯುಕ್ತ ಸಮೀಕರಣವು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಡಿ.ಬ್ರೋಲಿ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುತ್ತದೆ.

ಇವುಗಳಲ್ಲಿ E, P ಗಳು ಕಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಶಕ್ತಿ, ಆವೇಗಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಹಾಗೂ, T, λ ಗಳು ಅಲೆಗಳ ಆವರ್ತಕಾಲ, ತರಂಗದೂರಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಇವೆರಡೂ ಸೇರಿವೆ. ಅಂದರೆ, E, p ಗಳು ಹೆಚ್ಚಾದಷ್ಟೂ, T, λ ಗಳು ಕಡಿಮೆಯಾಗಬೇಕು. X–ಕಿರಣಗಳು, γ–ಕಿರಣಗಳಿಗೆ, E–p ಗಳು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು, ಕಣಗಳಂತೆಯೇ ವರ್ತನೆಯು ಪ್ರಧಾನವಾಗಿದೆ. ಅವುಗಳ ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಿದರ್ಶಿಸುವುದು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಷ್ಟವೇ.

ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಯಾವ ಪ್ರಮಾಣದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಕಣಗಳಂತೆ ವರ್ತನೆಯೂ, ಹಾಗೆಯೇ, ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಅವಧಿಗಳನ್ನೂ ನಿಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದರೂ, ಇವುಗಳ ಎಲ್ಲೆಯನ್ನು 'h' ಪ್ರಮಾಣದಿಂದಲೇ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬೇಕು.

$h = 6.6\times10^{-27}$ ಎರ್ಗ್‌ಸೆ ಕಂಡಷ್ಟು ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಕಾಣಲು, ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ದಾಟಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ–ದೃಶ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೇ, ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ.

ಆದರೆ, ಬೆಳಕು ಎಂದರೆ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತೀಯ ಅಲೆಗಳ ಅಖಂಡ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ವಿಸ್ತರಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಒಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಅತಿ ಕಡಿಮೆ ಕಂಪನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ರೇಡಿಯೋ ಪ್ರಸಾರದಲ್ಲಿ ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ, γ–ಕಿರಣಗಳು ಕಣಗಳ (ಫೋಟಾನ್) ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆಂಬುದು ವ್ಯಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಗಡಿಯು ದೃಶ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ಬೀಳುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ.

9.6 ಉಪಸಂಹಾರ

ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರಧಾನವಾದ ಗಮನವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿದ್ದರೂ, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಸಮಗ್ರ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನಿರೂಪಣೆಯೇ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಇದು ಅನಿವಾರ್ಯ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ, ನಾವು ನಮ್ಮ ಶಾಸ್ತ್ರದ

ಅಧ್ಯಯನಕ್ಕೆ ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ, ವಿವಿಧ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಂಡಿದ್ದರೂ, ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯಮಾನ ಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಬಾಹ್ಯ ವೈವಿಧ್ಯದ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಐಕ್ಯತೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದೇ ನಮ್ಮ ಆದರ್ಶವಾಗಿರಬೇಕು.

ಭೌತಪ್ರಪಂಚದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ದ್ರವ್ಯ-ಶಕ್ತಿ (Matter-Energy) ಗಳ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳಂತೆ ಅರಿಯಬೇಕು. ದ್ರವ್ಯದ ಭಾಗವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದು ಅಂತಿಮವಾಗಿ, ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆಯೆಂದು ಮೊದಲು ತಿಳಿಯಲಾಯಿತು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನ್-ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಬೀಜವೂ, ಅದರ ಹೊರ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳು ಗೊತ್ತಾದ ವಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡುತ್ತವೆಂದು ಗೊತ್ತಾಯಿತು. ಹಾಗೆಯೇ, ಬೆಳಕಿನ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿಯೂ, ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಮೊದಲು ಪ್ರಧಾನವಾಗಿದ್ದು, ನಂತರ ಪ್ರೋಟಾನ್‌ಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವ ಕಣಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳೂ ಕಂಡುಬಂದುವು-ಅದೇ ಸಮಯ ದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಕಣವೆಂದು ಭಾವಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಣಗಳೊಂದಿಗೂ ಅಲೆಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಗ ಮಾಡಬೇಕೆಂದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಭಾಸವಾಯಿತು. ಹೀಗಾಗಿ, ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ದ್ವಂದ್ವ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಸಾಮ್ಯತೆಯನ್ನು ಕಾಣಲಾಯಿತು.

ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಕಣ-ಅಲೆಗಳ ಭಾವನೆಗಳು ವಿರೋಧವಾಗಿಲ್ಲವೆಂದೂ, ಅವು ಗಳನ್ನು ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡಬಹುದೆಂದೂ ಒಂದು ಹೊಸ ಶಾಸ್ತ್ರವೇ ಉದ್ಭವವಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ 'h' ಅಥವಾ ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕವು ಮುಖ್ಯ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ.

ಹೀಗಾಗಿ, ಕಣ-ಅಲೆಗಳ ನಡುವಣ ಬಾಂಧವ್ಯವನ್ನೂ, ದ್ರವ್ಯ-ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನೂ, ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದೆ. ಒಂದು ಸಮಗ್ರ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಂತರಾರ್ಥ ವನ್ನು ಕಾಣುವ ತತ್ವವು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಇದೇ ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಮುಖ್ಯ ಸಾಧನೆ ಮತ್ತು ಈ ಸಾಧನೆಗೆ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದ ಚರಿತ್ರೆಯು ಎಷ್ಟು ಮೂಲಭೂತ ವಾಗಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಈ ಸಣ್ಣ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಿದೆ.

ವಿಜ್ಞಾನದ ಅಧ್ಯಯನದಿಂದ ಮಾನವನು ನಿಜವಾದ ಪ್ರಯೋಜನವನ್ನು ಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ, ಅವನು ಜ್ಞಾನಾರ್ಜನೆಯ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಸದ್ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ವಿವೇಚನಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು- ವಿಜ್ಞಾನದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಮಾನವನು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಜನಗಳನ್ನು ತನ್ನ ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಕೊಂಡು, ಸುಖಮಯವಾದ ಜೀವನವನ್ನು ಸಾಗಿಸಲು

ಸಮರ್ಥನಾಗಿದ್ದಾನೆ. ಇದು ನಾಗರಿಕತೆಯ ಕುರುಹು ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಮತ್ತೊಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಮಾನವನು ತನ್ನ ಜೀವನವನ್ನು ಹದಗೊಳಿಸಿಕೊಂಡು ಸಂಸ್ಕೃತಿಯನ್ನು (Culture) ಪಾಲಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ರೀತಿಯಾದ ಒಂದು ನಿಯಮಬದ್ಧವಾದ ನಡವಳಿಕೆ, ಅಂತರ್ಯಐಕ್ಯತೆಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿವೆಯೋ ಇದೇ ಭಾವನೆಗಳನ್ನು ಮಾನವನು ತನ್ನ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಅನುಕರಿಸಿದರೆ, ಇಡೀ ಸಮಾಜವೇ ಉದ್ಧಾರವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪೃಥ್ವಿಯು ಒಂದು ಮಾನವ ಕುಲದ ಬೃಹತ್ ಸಂಸಾರವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಎಲ್ಲ ಮಾನವರೂ, ತಮ್ಮ ಸ್ವಂತ ಏಳಿಗೆಯೊಂದಿಗೆ ತಮ್ಮನ್ನು ಆದರಿಸುವ ಸಮಾಜದ ಹಿತವನ್ನೂ ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡಿದರೆ, ಇಂದು ನಾವು ಕಾಣುತ್ತಿರುವ ಅಮಾನುಷ ದೃಶ್ಯಗಳು ನಾಶವಾಗುವ ಸಂಭವವಿದೆ.

ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನವು ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟರೆ, ಅದನ್ನು ಬಾಹ್ಯ ಪ್ರಪಂಚದ ಅಂಧಕಾರವನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸುವ ಸಾಧನವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇನ್ನೊಂದು ವಿಸ್ತೃತವಾದ ಮತ್ತು ವಿಶಾಲವಾದ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿದರೆ, (ಜ್ಞಾನ) ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಮಾನವನು ತನ್ನ ಮನಸ್ಸು, ಬುದ್ಧಿಗಳನ್ನು ಆವರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಆ ಜ್ಯೋತಿಯು ಮನುಷ್ಯನ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿರುವ ದುಷ್ಟ ಪ್ರವೃತ್ತಿಯನ್ನು ನಾಶ ಮಾಡಿ ಅವನನ್ನು ಮೇಲ್ದರ್ಜೆಯ ಮಾನವನನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಬಲ್ಲುದು.

ಶಬ್ದಾವಳಿ

ಅಲೆ	Wave
” (ಉದ್ದ)	Longitudinal wave
” (ಅಡ್ಡ)	Transverse wave
” (ಕಿರಿ)	Wave-let
ಅಲೆಮುಖ	Wave front
ಅಪಾರದರ್ಶಕ	Opaque
ಅತಿನೀಲ	Ultra-violet
ಆವೇಗ (ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ)	Momentum
ಆದರ್ಶಮಾನ	Standard unit
ಅಕ್ಷಿಪಟ	Retina
ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ	Continuous
ಅನುಪಾತ	Ratio
ಅಪಕರ್ಷಣ	Repulsion
ಅವಲಂಬಿ	Variable
ಅಧಿಕಕೋನ	Obtuse angle
ಅಲ್ಪಕೋನ	Acute angle
ಆಕೃತಿ	Pattern (Model)
ಆಪಾತ	Incident
” ರೇಖೆ	Incident Ray
” ಸಮತಲ	Plane of incidence
ಅಂಗ	Component
ಅಂಗರಚನೆ ಶಾಸ್ತ್ರ	Anatomy
ಅಂಡಾಕೃತಿ (ದೀರ್ಘವೃತ್ತ)	Ellipse
ಆಂದೋಲನ	Oscillation
ವ್ಯತೀಕರಣ	Interference
ಉಪಕರಣ	Instrument
ಉಬ್ಬು (ಶಿಖರ)	Crest

ಉತ್ತೇಜಿತ	Excited
ಉತ್ಕಟಕೋನ	Critical angle
ಉಪಕೇಂದ್ರ	Secondary source
ಉಜ್ಜಿದ ಗಾಜು	Ground glase
ಋಣ	Negative
ಏಕಮಾನ	Unit
ಏಕಾಗ್ರಮುಖ	Convergent
ಏಕತರಂಗದೂರ	Monochromatic
ಒಕ್ಕೂಡುವಿಕೆ	Superposition
ಓರಣ	Orientation
ಕಲ್ಪನೆ	Assumption
ಕಾರಕ	Agency
ಕರ್ಣ	Diagonal
ಕನಿಷ್ಠ	Minimum
ಕ್ವಾಂಟಂಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ	Quantum mechanics
ಕಾಲ್ಪನಿಕ	Imaginary
ಕಂಪನ	Vibration
ಕಂಪನಸಂಖ್ಯೆ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆ	Frequency
ಕಂಪನ ವೈಶಾಲ್ಯ	Amplitude of vibration
ಕ್ರಿಯಾತ್ಮಕ	Effective
ಗೋಳಾಕೃತಿ	Sphere
ಚಲನಕಲನ	Differentiation
ಚಲನಚಿತ್ರ ನಿಕ್ಷೇಪಕ	Cinema projector

ಚಾಪ Arc
ಛಾಯಾಬಿಂಬಗ್ರಾಹಕ Photographic camera
ಜಡವಸ್ತು (ದ್ರವ್ಯ) Matter
ಜಡಾಂಶ (ದ್ರವ್ಯಾಂಶ) Mass
ಜೀವಶಾಸ್ತ್ರ Bio-science
ಜ್ಯಾಮಿತೀಯ ದ್ಯುತಿಶಾಸ್ತ್ರ Geometrical optics
ತಗ್ಗು Trough
ತಡೆ Obstacle
ತಾಪ Temperature
ತೆರೆ (ಸುಳಿ) Ripple
ತರಂಗದೂರ (ತರಂಗಾಂತರ) Wave length
ತ್ರಿಜ್ಯ Radius
ತ್ರಿಕೋನ Triangle
ತರಂಗಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ Wave Mechanics
ದ್ರವ್ಯ Matter
ದ್ರವ್ಯಕಣ Corpuscle
ದರ್ಪಣ Mirror
ದಿಕ್-ಚ್ಯುತಿ Deviation
ದಿಕ್-ಪರಿಮಾಣ Vector
ಧನ Positive
ದ್ವಿತೀಯ Secondary
ದ್ಯುತಿ ಶಾಸ್ತ್ರ Optics
" (ಭೌತ) Physical optics
ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ರಿಯೆ Photo electric effect
ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ Photo electric cell
ದ್ಯುತಿ ಕಣ Photon
ದ್ವಿರಶ್ಮಿಭಂಗ Double Refraction
ದ್ಯುತೀಯ ಚಟುವಟಿಕೆ Optical Activity
ದೃಕ್-ಅಕ್ಷ Optical axis
" ಸಾಂದ್ರತೆ Optical density
" ಪಥ Optical path
" ವೀಕ್ಷಕಬೆಂಚು Optical Bench
ದೂರದರ್ಶಕ Telescope
ದೃಶ್ಯರೋಹಿತ Visible spectrum
ದ್ವಂದ್ವಪ್ರವೃತ್ತಿ Duality
ಧ್ರುವೀಕರಣ Polarisation
ನಿಡುಗಂಡಿ Slit
ನಿಃಸರಣವಾದ Emission Theory
ನೇರಪ್ರಸಾರ Rectilinear propagation
ನೆಲೆ Phase
ಪೃಥಕ್ಕರಣ ಶಕ್ತಿ Resolving power
ಪಥ Orbit
ಪಲ್ಲಟ Displacement
ಪರೆ Film
ಪಟ್ಟಿ Fringe Band
ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ Effect
ಪ್ರತಿಫಲನ Reflection
ಫಲಕ Plate
ಪ್ರಕಾಶ Intensity
" (ಉಚ್ಚ) Maximum intensity
" (ಕನಿಷ್ಠ) Minimum intensity
ಪಾರದರ್ಶಕ Transparent
ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ Potential difference

ಫಲಿತ — Resultant
ಬಿಂದುರೇಖೆ — Locus
ಮಂಡಲ (ವಲಯ) — Zone
ಮುಪ್ಪಟ್ಟೆ (ಅಶ್ರುಗ) — Prism
" ದ್ವಯ — Bi-prism
ಮೇಲ್ಮೈ — Surface
ಮಸೂರ (ಯುವ) — Lens
ರಶ್ಮಿಭಂಗ (ವಕ್ರೀಕರಣ) — Refraction
ರಚನೆ — Constitution
ರೇಖಾಚಿತ್ರ — Graph
ರಶ್ಮಿಭಂಗಸೂಚಕಾಂಕ — Refractive index
ವರ್ಣಪಟಲ (ರೋಹಿತ) — Spectrum
ವರ್ಣಪಟಲಮಾಪಕ — Spectrometer
ವಕ್ರವಿಯೋಜನೆ (ನಮನ) — Diffraction
" ರೇಖಾಫಲಕ — Diffracticn grating
ವರ್ತುಲ — Circular
ವರ್ಣಪಟಲರೇಖೆ — Spectral line
ವಿಸರ್ಜನೆ — Discharge
ವಿಚ್ಛಿನ್ನ — Dis-continuous
ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ — Electro-magnetic
ವಕ್ರ — Curved
ವಿಕಿರಣ — Radiation
ವಿಲೋಮ — Inverse
ವಿರಳತೆ — Rare-faction
ವ್ಯವಸ್ಥೆ — System
ವ್ಯುತ್ಪತ್ತಿ — Derivation
ವಿನಾಶಕ — Destructive
ವಿಪರ್ಯಯಣೀಯತೆ — Reversibility
ವಿಷಮಪಾರ್ಶ್ವತೆ — Asymmetry

ವಿಶ್ಲೇಷಕ — Analyser
ವಿಲಂಬಕಾರಕ — Retarding
ವಿರೋಧಸ್ಥಾನ — Crossed position
ವಿದ್ಯುತ್ಚೋದಕ ಮಂಡಲ — Induction coil
ವೃತ್ತ — Ring circle
ಶಕ್ತಿ — Energy
ಶಕ್ತಿನಿಯತತ್ವ ನಿಯಮ — Conservation of energy
ಶಕಲ (ಕ್ವಾಂಟಂ) — Quantum
ಶಾಖ — Heat
ಶೂನ್ಯಪ್ರಕಾಶ — Dark-ness
ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶ — Vaccum
ಸರಳಸಂಗತಚಲನೆ — Simple hormonic motion
ಸಮಾಂತರ — Equidistant
ಸಮಾನಾಂತರ — Parallel
ಸಮರೂಪ — Homogeneous
ಸಮಪಾರ್ಶ್ವತೆ — Symmetry
ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ — Microscope
ಸಮತಲ — Plane
ಸ್ಥಂಭಾಕೃತಿ — Cylinder
ಸ್ಪರ್ಶಕವಾದ — Tactile theory
ಸ್ಪರ್ಶಕರೇಖೆ — Envelope
ಸಾಧನ — Appliance
ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತ್ವ — Elasticity
ಸೂಚೀರಂಧ್ರ — Aperture
ಸಂಕುಚನ — Compression
ಸಂಚಯ — Pile
ಸಂಸಕ್ತ — Coherent
ಸಂಗಮದೂರ — Focal length
ಸ್ಫುರಣ — Pulse
ಹರಳು — Crystal
ಹೀರುವಿಕೆ (ಗ್ರಹಣ) — Absorption
ಕ್ಷೋಭೆ — Disturbance

ಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಸಾಹಿತ್ಯ ಚರಿತ್ರೆ

ಸಂಪುಟ	1	ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯ ಸಮೀಕ್ಷೆ	...	ಜಿ. ಎಸ್. ಶಿವರುದ್ರಪ್ಪ
ಸಂಪುಟ	2	ಶಾಸನ ಮತ್ತು ಗದ್ಯ	...	ಹು. ಕಾ. ಜಯದೇವ್
ಸಂಪುಟ	3	ಶಾಸ್ತ್ರ ಸಾಹಿತ್ಯ	...	ಎಂ. ವಿ. ಸೀತಾರಾಮಯ್ಯ
ಸಂಪುಟ	4	ಚಂಪೂ ಕವಿಗಳು	...	ಟಿ. ವಿ. ನಾರಾಯಣ
ಸಂಪುಟ	5	ವಚನ ಸಾಹಿತ್ಯ	...	ಎಂ. ಚಿದಾನಂದ ಮೂರ್ತಿ
ಸಂಪುಟ	6	ಷಟ್ಪದಿ ಸಾಹಿತ್ಯ	...	ಕೆ. ಮರುಳಸಿದ್ದಪ್ಪ
ಸಂಪುಟ	7	ತ್ರಿಪದಿ, ರಗಳೆ ಮತ್ತು ಜನಪದ ಸಾಹಿತ್ಯ	...	ಕಾಳೇಗೌಡ ನಾಗವಾರ
ಸಂಪುಟ	8	ಕೀರ್ತನಕಾರರು	...	ಎಚ್. ಎಸ್. ವೆಂಕಟೇಶ ಮೂರ್ತಿ
ಸಂಪುಟ	9	ಸಾಂಗತ್ಯ ಕವಿಗಳು	...	ಹಂಪ. ನಾಗರಾಜಯ್ಯ
ಸಂಪುಟ	10	ಹೊಸಗನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯ	...	ಎಲ್. ಎಸ್. ಶೇಷಗಿರಿ ರಾವ್

ಪ್ರತಿ ಸಂಪುಟದ ಬೆಲೆ : ರೂ. 4-00

ಈ ಸಂಪುಟಗಳನ್ನು ಕೊಳ್ಳುವ ಸಲುವಾಗಿ
ಸುಲಭ ಕಂತುಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಲ ಸೌಲಭ್ಯವನ್ನು ಕೆನರಾ ಬ್ಯಾಂಕ್ ಒದಗಿಸಿದೆ.
ಕೆನರಾ ಬ್ಯಾಂಕ್‌ನ ಕರ್ನಾಟಕದ ಯಾವುದೇ ಶಾಖೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಬಗ್ಗೆ
ವಿವರಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ವಿವರಗಳಿಗೆ ವ್ಯವಹರಿಸಿ :

ನಿರ್ದೇಶಕರು
ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಬೆಂಗಳೂರು 560 0[illegible]

ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಬೆಂಗಳೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಬೆಂಗಳೂರು